C. L. VAN BALEN

LEERBOEK
DER
WISKUNDIGE AARDRIJKSKUNDE



TWEEDE DRUK

J. B. WOLTERS – GRONINGEN, DEN HAAG

ING. f 3.90, GEB. f 4.25

P. R. BOS,

SCHOOLATLAS DER GEHEELE AARDE,

HERZIEN DOOR

J. F. NIERMEYER.

26e druk. **Prijs, gebonden f 8,40**

Met groote snelheid volgen de uitgaven van dezen voortreffelijken atlas elkander op, zoodat ik kan volstaan met er op te wijzen, dat dit alles blijkt, hoe zorgvuldig het kaartwerk bijgehouden wordt. *Museum.*

Van dezen atlas zullen wij niets anders zeggen, dan dat het de mooiste en duidelijkste Nederlandsche atlas is, die zoowel natuurkundig als staatkundig een uitstekend beeld geeft van de landen der aarde, en bij de beste buitenlandsche niet achter staat. *Vragen van den Dag.*

Een woord tot aanbeveling mag gerust overbodig genoemd worden. Het is prettig te zien, dat elke nieuwe druk werkelik verbeterd en vermeerderd is en dat Bos' kaartwerk inderdaad herzien wordt. *'t Onderwijs.*

Schitterend kaartwerk! *Ons Muloblad.*

W. VAN GELDER en C. LEKKERKERKER,

SCHOOLATLAS VAN NEDERLANDSCH OOST-INDIË.

ZESTIENDE, HERZIENE EN VERMEERDERDE DRUK.

(Met alphabetische lijst van alle namen).

Prijs, ingenaaid f 4,50, gebonden . . . . f 5,50

Het verheugt ons telkens, van dezen atlas een nieuwen druk te zien verschijnen, omdat elk dier drukken weer een aanvulling, uitbreiding en verbetering is, en voortdurend bemerkt men, dat de bewerker het oog gericht houdt op alles wat er in Indië verandert, om dat op den atlas aan te brengen. Deze atlas geeft met zorg uitgekozen dat, wat men over het algemeen in Nederland over Indië noodig heeft te weten, en dat alles in een goed uitgevoerd, duidelijk beeld. Wij kunnen dezen atlas wegens de praktische inrichting ten zeerste aanbevelen. *Tijdschr. voor economische geographie.*

UITGAVEN VAN J. B. WOLTERS — GRONINGEN, DEN HAAG

LEERBOEK DER
WISKUNDIGE AARDRIJKSKUNDE.

LEERBOEK DER

WISKUNDIGE AARDRIJKSKUNDE,

VOORNAMELIJK TEN DIENSTE VAN HEN,
DIE STUDEEREN VOOR DE HOOFDAKTE,

DOOR

C. L. VAN BALEN,
LEERAAR AAN DE GEMEENTELIJKE KWEEKSCHOOL VOOR ONDERWIJZERS EN ONDERWIJZERESSEN TE AMSTERDAM.

MET 74 FIGUREN IN DEN TEKST, TAL VAN VRAGEN
EN OPGAVEN EN ALPHABETISCH REGISTER.

TWEEDE, VERBETERDE DRUK.

BIJ J. B. WOLTERS' U. M., GRONINGEN, DEN HAAG, 1919.

UIT HET VOORBERICHT VAN DEN EERSTEN DRUK.

Dit boek is geschreven voor candidaat-hoofdonderwijzers. In 't oog is gehouden, dat velen zonder leiding moeten studeeren en daarom hebben we, vooral in het eerste gedeelte, niet geschroomd uitvoerige verklaringen te geven. Bovendien zijn niet minder dan 76 figuren opgenomen, eensdeels ter veraanschouwelijking van den tekst, anderdeels om een snelle repititie mogelijk te maken. De onderschriften hebben we daarom, waar 't kon, suggestief gesteld.

De practijk van vele jaren opleiding voor de hoofdacte heeft ons geleerd, waar de voetangels en klemmen liggen. Om de candidaten te brengen tot helder inzicht en gemakkelijke onderscheiding hebben we de coördinatenstelsels genummerd; de vraagstukken tot rubrieken gebracht, enz.

Over 't geheel hebben we ons gehouden aan de bekende leerstof, doch we hebben ons beijverd, ook de onderwerpen te verklaren, die aan flinkere candidaten wel eens gevraagd worden en in de bestaande leerboeken niet, of hoogst onvolledig worden behandeld. Voorts hebben we gebroken met de vele oud-grieksche en enkele middeleeuwsche „bewijzen" voor den bolvorm der aarde. Het werd tijd, dacht ons, dat de volledig bevoegde onderwijzer de moderne bewijzen leerde kennen.

We willen ook de aandacht vestigen op de behandeling van orthodroom, loxodroom, Mercator's „projectie", kompas en routes onzer stoomvaartlijnen, alles in onderling verband, waardoor de candidaat inziet, waarom hij dit alles dient te kennen.

Over de tijdrekening zijn we uitvoeriger geweest dan de meeste leerboeken; dit op grond van de oude stelling, door ons te anderer plaatse [1]) uitgesproken en in praktijk gebracht, dat we allereerst eenige kennis moeten hebben van de dingen, die we dagelijks zien of gebruiken.

---

1) Aardrijkskunde C. L. van Balen, Hollandia-drukkerij, Baarn en Volledige Aardrijkskundige Leergang voor de Volksscgool, J. B. Wolters.

Daarom ook hebben we den sterrenhemel wat uitvoeriger behandeld. Die kennis is zoo verheffend, en kennis van de namen der sterren is 't begin, dat leidt tot verdere studie. We hebben dan ook ons boek niet afgesloten, waar de stof begon interessant te worden. Met veel zorg hebben we van de huidige kennis omtrent het heelal een kort résumé gegeven, dat binnen 't bereik valt der candidaat-hoofdonderwijzers, en hen misschien begeerig maakt, om na de hoofdacte daarvan wat meer te gaan lezen.

Waar we theorieën moesten verklaren, hebben we duidelijk doen uitkomen, dat ze, al nemen we ze voorloopig aan, nog lang geen wetten van Meden en Perzen zijn.

Amsterdam. *C. L. VAN BALEN.*

VOORBERICHT VOOR DEN TWEEDEN DRUK.

Van belangstellende zijde mochten we verschillende opmerkingen ontvangen, waarvoor hier onze hartelijke dank.

Wij hebben door kleine letter aangegeven, dat sommige §§ kunnen worden overgeslagen door hen, die niet veel tijd hebben. De coördinatenstelsels hebben we een naam gegeven, die gemakkelijk 'te onthouden is. Voorts hebben we enkele §§ geschrapt. Bijgevoegd is een § met de behandeling van vraagstukken, op te lossen met behulp van den schaduwcirkel en een § over kaart-projecties. Waar dit pas gaf, hebben we de definities achteraan een § of in een afzonderlijke § bijeengebracht. Dit is voor repetities een groot gemak.

Voor op- en aanmerkingen houden we ons ten zeerste aanbevolen.

C. L. VAN BALEN.

Amsterdam, 1919.

INHOUD.

INLEIDING.

Aarde, zon en sterren.

Onze aarde zweeft vrij in het hemelruim. Op ongeveer 150 millioen K.M. afstand zweeft de zon in het heelal. Het licht, dat bijna 300 000 K.M. per seconde aflegt, heeft dus ongeveer 500 sec., of ruim 8 minuten noodig, om van de zon de aarde te bereiken.

De aarde loopt in een jaar om de zon en bovendien zijn er nog enkele hemellichamen, welker beweging door de zon bestuurd wordt.

Deze vormen samen het zonnestelsel, hetwelk eene kleine groep van hemellichamen is in het ontzaglijk groote heelal.

Vèr buiten het zonnestelsel staan de vaste sterren, die we 's avonds aan den hemel zien. De vaste ster, die het dichtstbij staat, (als we de zon niet meerekenen), is zóó ver verwijderd, dat het licht ervan ongeveer *4¼ jaar* noodig heeft, om de aarde te bereiken. Hoe ver de verste sterren wel van ons afstaan, is niet bekend.

Door dien grooten afstand schijnen de sterren, waaronder zeer groote zijn, slechts stippen. Ook kunnen wij ze daardoor niet perspectievisch zien: de afstand tusschen onze oogen is oneindig klein tegenover de afstanden tot de sterren. Daardoor lijkt het, alsof de sterren alle even ver van ons afstaan, en zon en maan evenzoo.

Alle hemellichamen, die tot het zonnestelsel behooren, verplaatsen zich voortdurend ten opzichte van de andere sterren. Deze laatste hebben een vaste plaats aan den hemel en heeten daarom *vaste sterren*.

Het heelal doet zich derhalve aan ons voor als een groote bol. In navolging van Gausz, den beroemden Duitschen wiskundige, stelt men zich in de wiskundige aardrijkskunde voor, dat er een groote bol zou zijn, waarop we de sterren geprojecteerd zien. De *richting* en *onderlingen stand* der sterren kunnen we nu bepalen en daarmee al heel wat te weten komen. Over de afstanden wordt dan maar gezwegen in de meeste gevallen. Feitelijk vervangen we dus de ware plaats der ster door haar richtings- of projectiepunt op den „hemelbol".

Dus: de „hemel" is een denkbeeldige bol met willekeurige, doch zeer groote straal, op welks oppervlakte wij ons de hemellichamen geprojecteerd denken.

HOOFDSTUK I.

Horizon en Hemelgewelf. Egocentrische voorstelling van 't heelal.

A. EGOCENTRISCHE VOORSTELLING VAN 'T HEELAL.

§ 1. **Hoe het heelal zich aan ons voordoet.** Als we ons op een vlak veld of op zee bevinden, waar we ongehinderd naar alle zijden kunnen zien, dan schijnt ons de aarde een plat vlak toe, omgrensd door een cirkel, in 't middelpunt waarvan de aanschouwer staat. Dit platte vlak heet het *vlak van den horizon* (of horizon). De cirkelvormige grens ervan heet eveneens *horizon*, en ook nog *gezichtseinder* of *kim*.

Voorts lijkt het, alsof het heelal een halve bol was, die precies op onzen horizon past. Ons standpunt, het *standpunt* geheeten, is het middelpunt óók van dit schijnbare hemelgewelf.

§. **De globe.** Indien we ons voorloopig alle teekening wegdenken van de aardglobe, dan kunnen we die gebruiken als *hemel*globe.

Ons standpunt is dan in 't middelpunt der globe. De liggende rand rondom de globe stelt den gezichtseinder voor. Deze moest een *lijn* zijn. Maar, behalve dat we een lijn niet kunnen vervaardigen, heeft men bovendien nog dien rand vrij breed gemaakt, om daarop het een en ander te kunnen teekenen, dat we bij het oplossen van vraagstukken noodig hebben.

Opmerking. Het komt er *nu* niet op aan, in welken stand we de „hemel"globe plaatsen in den horizon, want ze blijft toch altijd voor de helft boven den gezichtseinder uitsteken. Later maakt dat wèl verschil.

§ 3. **Egocentrische voorstelling van 't heelal.** Hoewel we nu beter weten, zullen we ons in het eerste gedeelte van dit boek houden aan den *schijn*, alsof de aanschouwer stond in het middelpunt van de vlakke aarde en het bolvormige hemelgewelf.

Deze voorstellingswijze kan men noemen: de *egocentrische voorstelling van 't heelal* (ego = ik), want ieder voor zich krijgt den indruk, alsof hij in 't middelpunt van 't heelal staat.

B. DE HORIZON.

§ 4. **De vier hoofdrichtingen op het horizontale vlak.** Aangezien de gezichtseinder een cirkel is, ontbreekt ons een vast punt, dat we zouden kunnen gebruiken om vandaar uit richtingen te bepalen. We moeten ons dus op een andere wijze zien te helpen.

1. Op 21 Maart en 23 September gaat de zon voor alle plaatsen op aarde in 't zelfde punt op. (Op de andere dagen verschilt dit voor

verschillende plaatsen.) Dit punt heet: het *Oostpunt.* De richtingslijn van ons standpunt naar het Oostpunt heet de Oostlijn, en nu kunnen we de West-, Noord- en Zuidrichting ook bepalen.

2. De lijn van ons standpunt naar de zon heet de *gezichtslijn* naar de zon. Als we nu de gezichtslijn naar de zon, 's middags te 12 uur, projecteeren op het vlak van den horizon, dan zal elken dag die projectie in dezelfde richting vallen. We hebben dus een vaste richtingslijn gevonden. Deze heet de Zuidlijn, en haar snijpunt met den horizon *het Zuidpunt.* De streek aan weerszijden van het Zuidpunt heet *het Zuiden.*

De andere drie hoofdrichtingen kunnen we nu gemakkelijk vinden.

Opmerking A. In § 70 blijkt, dat de uitdrukking: 's middags te 12 uur, slechts bij benadering juist is.

Opmerking B. Men gelieve er op te letten, dat onder projectie eener lijn in de Wisk. Aardr. iets anders begrepen wordt, dan in het vakteekenen, waar men een loodlijn neerlaat uit het eindpunt of de beide eindpunten eener lijn. De meeste lijnen, waarmee we te doen hebben in de W. A. zijn oneindig lang; om ze te projecteeren laten we ze draaien in een loodrecht vlak, waarbij dan veelal het standpunt het draaipunt is.

3. We kunnen ook een stok loodrecht in den grond plaatsen en de richting bepalen, waarin de kortste schaduw valt. (Dat is te 12 uur). We trekken daartoe een cirkel met het punt, waar de stok staat, als middelpunt. We wachten nu, totdat het uiteinde van de schaduw van den stok juist op dien cirkel valt en geven daar een merkteeken. Na twaalf uur gebeurt dit nog eens, en plaatsen we weer een merkteeken. Nu deelen we den hoek tusschen deze twee punten en 't middelpunt van den cirkel middendoor. De deellijn geeft dan de N.-Z. richting aan.

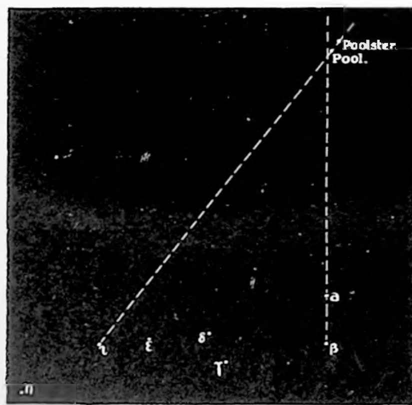


Fig. 1. Het Sterrenbeeld de Groote Beer en de richtingslijnen om de Noordpoolster te vinden.
De namen der Grieksche letters zijn te vinden in § 24.

4. Een sterrenbeeld, dat zeer gemakkelijk te vinden is, is *de Groote Beer* of *de Wagen.* Wanneer we door een lijn de eerste twee sterren van de Groote Beer verbinden, en die lijn verlengen, zooals de teekening aangeeft, dan vinden we een heldere ster,

ongeveer in die lijn, op ruim 4 × den afstand tdsschen α en β. Deze ster heet *de Poolster*.

Wanneer we nu de gezichtslijn naar de Poolster projecteeeren op het vlak van den horizon, dan vinden we altijd dezelfde richting. Hiermee hebben we dus weer een vaste richtingslijn gevonden. Deze heet de Noordlijn.

Opmerking. In § 25 blijkt, dat we hier een kleine fout maken.

5. Sinds ± 1300 (Flavio Gioja) kent men het gebruik van het kompas. De magneetnaald wijst steeds *ongeveer* naar het Noordpunt. Als we nu de miswijzing van het kompas kennen, kunnen we de juiste Noordrichting bepalen. In Amsterdam was de miswijzing in 1918 : 12°.15′ West.

Opgaven. 1. Zoek de vier hoofdrichtingen volgens de aangegeven methoden.
2. Bepaal, hoe de vier hoofdrichtingen in uw kamer loopen.

We kunnen de 2de, 3de en 4de methode elken dag of avond toepassen. In de L. S. bedienen we ons in den regel van de derde. Zouden we dit *zuiver* willen doen, dan kwam er heel wat bij kijken, want het is geen gemakkelijke opgave, een vlak zuiver horizontaal te maken en daarop een stok zuiver loodrecht te plaatsen. De Oude Chineezen hebben met dit instrument: *gnomon* geheeten zeer zuivere metingen gedaan. De oudere volken hebben echter in den regel de eerste methode toegepast. Het gemak hierbij is, dat men een richtingslijn direct op het horizontale vlak krijgt, waardoor men de moeilijkheid ontgaat van een gezichtslijn in de ruimte te moeten projecteeren op het vlak van den horizon. Een moeilijkheid is echter om het juiste oogenblik van de opkomst der zon te bepalen.

De Oostlijn is eeuwenlang de voornaamste richting geweest: oude kaarten hebben het Oosten boven, R. Kath kerken zijn met de lengte-as O.-W. gericht; enz. Het bepalen van de richting noemen wij ook nog steeds: *orienteeren* (= het Oosten zoeken), hoewel we gewoonlijk het Noorden zoeken.

§ 5. **Verschillende graden van juistheid bij het aangeven der richtingen.** 1. In het dagelijksch leven bedient men zich in den regel slechts van de vier hoofdrichtingen: een huis ligt „op het Noorden"; er waait een koude Oostenwind, enz.

2. Sommigen zijn wat nauwkeuriger en onderscheiden acht richtingen: de vier hoofdrichtingen, benevens N.O., N.W., Z.O. en Z.W.

3. In het schoolonderwijs onderscheiden we eveneens slechts acht richtingen.

4. De zeeman verdeelt den horizon in 32 gelijke deelen, die hij de 32 *streken* noemt. De namen der streken vindt men in nevenstaande windroos.

Het systeem, waarnaar de benoeming der 32 streken plaats heeft, is aldus:

Men heeft eerst de vier hoofdrichtingen: N., O., Z., W. (internationaal worden die aangegeven met de letters: N., E., S., W.) De hoeken

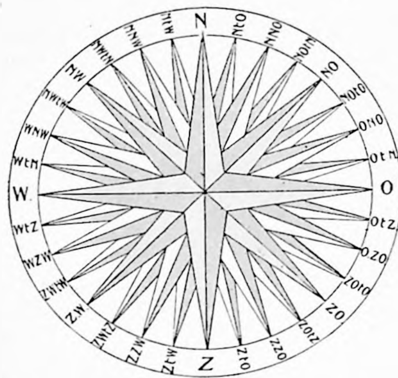


Fig. 2. Windroos met de 32 streken.

tusschen deze halveert men, en vindt daardoor: N.O., Z.O., Z.W. en N.W. De nu verkregen hoeken van 45° halveert men weer, en vindt nu een richting tusschen N. en N.O., die N.N.O., heet, enz. Zoo vindt men N.N.O., O.N.O., O.Z.O., Z.Z.O., Z.Z.W., W.Z.W., W.N.W., N.N.W.

De zoo verkregen hoeken van $22^1/_2$° halveert men weer. Nu krijgt men dicht bij N. twee richtingslijnen; de eene heet Noord ten Oosten, de andere Noord ten Westen. Aan weerszijden van N.O. vindt men N.O. ten Noorden en N.O. ten Oosten, enz. Zoo komen er dus zestien richtingslijnen bij.

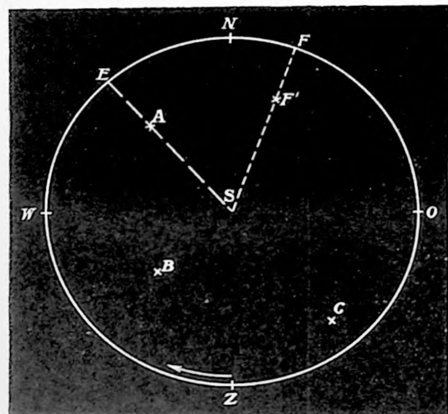


Fig. 3. Bepaling van het azimut.
S is het Standpunt; Z het Zuidpunt; het pijltje geeft de richting aan, waarin men tolt; A, B, C en F zijn terreinvoorwerpen. (Zie ook blz. 6, no. 6).

Het blijkt, dat één streek 360° : 32 = $11^1/_4$° is. De nauwkeurigheid is dus nog niet heel groot.

Opgaven. 1. Zoek de 32 streken op den horizon der globe op.

2. Plaats den horizon der globe zóó, dat de Noord-Zuidlijn ervan samenvalt met de Noord-Zuidlijn in uw kamer.

3. Wie inzicht heeft in de methode volgens welke de 32 streken benoemd zijn, zal van elk kwadrant de opvolgende streken kunnen opnoemen.

5. In de sterrenkunde (en in de wiskundige aardrijkskunde) kan men zich niet tevreden stellen met een der bovengenoemde, zeer onnauwkeurige richtingsbepalingen.

Om de richting te bepalen van A (ten opzichte van S.), denkt men zich de lijn SA, voortgezet tot in den horizon in E. Men bepaalt ∠ ZSAE, of boog ZE, waarbij men de graden telt van het Zuidpunt *in de richting van het Westpunt*. ∠ ZSE = bg ZE heet nu het *azimut* van A. (Met een graadboog kan men in de figuur het azimut van A bepalen).

Opgaven. 1. Bepaal het azimut van de punten B en C.
2. Bepaal het azimut van elk der streken van de windroos.

Evenals elke cirkel is de horizon verdeeld in 360 graden: deze in 60 minuten; die in 60 seconden. Zoo noodig verdeelt men de seconden nog in tiende-, honderdste-deelen, enz. Men kan dus elken gewenschten graad van nauwkeurigheid verkrijgen. Gewoonlijk echter is het al nauwkeurig genoeg, als men het azimut tot in seconden bepaalt.

Om eenig denkbeeld te krijgen, hoe klein een seconde wel is, stelle men zich vóór: een cirkel, waarvan 1 seconde 1 mM. is. Dan is een minuut 60 mM.; een graad 3,6 Meter; de cirkelomtrek 1296 Meter en de middellijn dus 1296 M.: $3^1/_7$ = ruim 412 Meter!

Met den *theodoliet* kan men hoeken meten in het horizontale vlak en in loodrechte vlakken. Een schematische teekening geeft fig. 4. Een volledige teekening fig. 5.

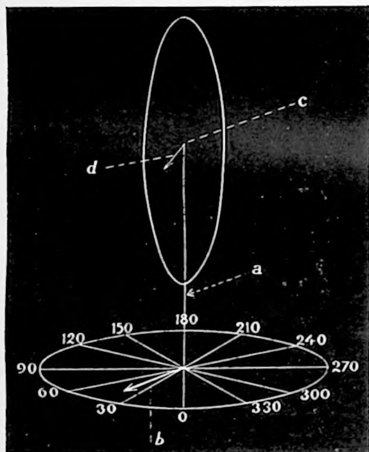


Fig. 4, die de inrichting van een theodoliet aangeeft. *a* draaibaar statief; *b* wijzer, die met *a* meedraait; *c* middelpunt van den loodrechten cirkel; *d* wijzer.

De as *a* kan draaien om zijn loodrechte as, en dan gaat de wijzer *b* mede, over den horizontalen cirkel. De wijzer *d* kan draaien om het punt *c*, langs den loodrechten cirkel.

Wil men nu bepalen de richting, waarin men een ster ziet, dan bepaalt men het azimut met behulp van den horizontalen cirkel en het kompas. En den hoek tusschen het grondvlak en de ster met behulp van den verticalen cirkel. Waar de pijl *d* geteekend is bevindt zich nl. een kijker, dien men richt op de ster. Bij dat richten worden de beide wijzers „vanzelf" in den juisten stand gebracht en men heeft ten slotte slechts het aantal graden op beide cirkels af te lezen. Het

is duidelijk, dat de richting van de Noord-Zuidlijn hierbij bekend moet wezen. Die wordt aangewezen door het kompas.

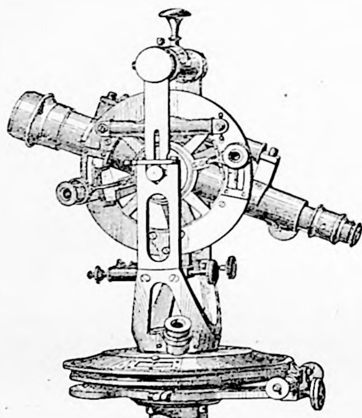


Fig. 5. Een theodoliet.

6. In de wetenschappelijke aardrijkskunde en in de moderne zeevaartkunde geeft men de richtingen in den regel nog op een andere wijze aan (zie fig. 3). Van de richtingslijn SF geeft men eerst aan, bij welke der vier hoofdrichtingen ze het dichtst ligt. Dat is hier: Noord. Vervolgens meet men den boog NF. Die is hier: 20°. Ten slotte geeft men aan, in welke richting die 20° moeten geteld worden. Dat is hier naar het Oosten. De gevonden richting wordt nu genoemd: Noord 20° Oost (N. 20° O.).

Opgaven. 1. Bepaal op deze wijze de richtingen van A, B en C.
2. Bepaal van elk der streken, hoe ze geografisch worden genoemd.

§ 6. **Definities voor azimut.** 1. Het azimut van een voorwerp *op den horizon* is de *boog* van den horizon tusschen het Zuidpunt en het snijpunt van de gezichtslijn over het voorwerp met den horizon, gemeten van het Zuidpunt in de richting van het Westpunt.

2. Het azimut van een voorwerp is de *hoek*, waarvan het vaste been is: de lijn van 't standpunt naar het Zuidpunt. Het andere been (veelal het draaiende been genoemd) is de gezichtslijn over 't voorwerp. De hoek moet gemeten worden van het Zuidpunt in de richting van het Westpunt.

§ 7. **Plaatsbepaling op het horizontale vlak.** Als we het azimut van een voorwerp kennen, en ook nog den afstand tusschen het standpunt en het voorwerp, dan is daarmede de plaats op den horizon ten opzichte van het standpunt volkomen bepaald.

Zijn de afstanden klein, dan bepaalt men ze met een meetlint of een meetketting. Zijn ze groot, dan geschiedt het door middel van driehoeksmeting.

§ 8. **Driehoeksmeting.** Het principe der driehoeksmeting is aldus: Men meet met allerlei voorzorgen uiterst nauwkeurig een bepaalden afstand AB, die *bazis* genoemd wordt. Voorts bepaalt men de hoeken CAB en CBA, en kan nu door een wiskundige berekening de lengte van

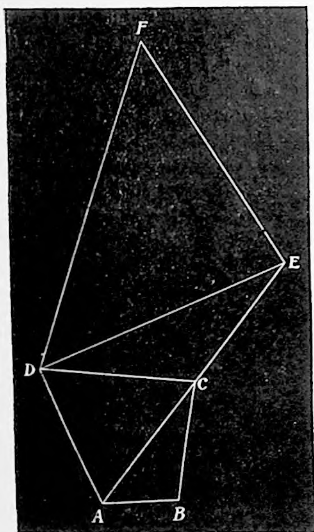


Fig. 6. Een driehoeksnet.
AB is de bazis.

AC en BC vinden. Vervolgens meet men ∠ DCA en ∠ DAC, en kan nu DC en DA berekenen, enz. Ter bepaling van groote driehoeken stelt men den theodoliet op een toren op, of op hooge punten in het terrein, en viseert naar de torens der omliggende dorpen, of naar bakens, die men op omliggende hoogten heeft geplaatst. (De punten C, D, E en F in de figuur).

Langen tijd heeft men aan den Leidschen professor Snellius (1581—1626) toegeschreven de uitvinding van de methode der driehoeksmeting. Dr. J. D. v. d. Plaats heeft echter in 1914 aangetoond, dat de eer hiervan toekomt aan Reinier Jemme (Gemma Frisius), hoogleeraar te Leuven (1533). Snellius heeft echter deze methode het eerst gebezigd om den omtrek der aarde te bepalen (zie § 39).

C. HET HEMELGEWELF.

§ 9. **Een en ander over den bol: formules en cirkels.**[1]) Men onderscheidt bij den bol: middelpunt, straal, middellijn, omtrek, oppervlak en inhoud. Als de straal (R) bekend is, kan men de andere grootheden berekenen volgens deze formules:

Middellijn $= 2R$
Omtrek $= 2\pi R$ ($\pi = 3{,}1415926535\ldots$, of $3{,}1416$ of $3^1/_7$).
Oppervlak $= 4\pi R^2$.
Inhoud $= \frac{4}{3}\pi R^3$.

Op het oppervlak van den bol kan men een oneindig aantal cirkels trekken. De cirkels, welke het middelpunt van den bol tot middelpunt hebben (en dus de straal van den bol als straal) zijn alle even groot en heeten *groote cirkels* of *grootcirkels*. Alle andere cirkels op het boloppervlak getrokken, zijn *kleine cirkels*.

---

[1]) We hebben de formules, die hier nog niet noodig zijn, toch maar in deze § vermeld, omdat daardoor de gegevens omtrent den bol bij elkaar komen te staan.

§ 10. **Plaatsbepaling op een plat vlak en op den bol (in 't algemeen).** Om op een plat vlak de plaats van een punt P te bepalen, neemt men een rechte lijn OX (*as* geheeten) aan, en daarop een punt O (de *oorsprong* genaamd). Men laat nu een loodlijn (PA) neer uit P op de as en meet:

1° de afstand OA; deze heet de *abscis* van P.

2° de afstand PA; deze heet de *ordinaat* van P.

Fig. 7. Plaatsbepaling op een plat vlak.

Deze beide afstanden heeten ook wel: de coördinaten van P. Het punt A heet het *voetpunt* van de ordinaat van P.

Opmerking. Dit is een *algemeene* methode om de plaats van een punt op een plat vlak te bepalen. In § 7 hebben wij een *bijzondere* manier van plaatsbepaling geleerd, welke alleen maar toegepast wordt voor plaatsbepaling op het vlak van den horizon.

Deze zelfde algemeene methode volgt men bij de plaatsbepaling op den bol, maar met dit verschil, dat men nu inplaats van de rechte lijnen OX en PA groote cirkels neemt.

Kiezen we b.v. in fig. 8 den grootcirkel OX als coördinatenas, en daarop het punt O als *oorsprong*, dan trekken we den grootcirkel PA loodrecht op de as. Nu is bg OA de *abscis* en bg PA de *ordinaat* van P. Aangezien deze afstanden in *graden* worden uitgedrukt; kunnen we ook bg BP nemen inplaats van bg OA, en bg BO inplaats van bg PA.

Fig. 8. Plaatsbepaling op een bol.

De punten C en D, die elk 90° van de as verwijderd zijn, heeten de *poolpunten*. Men zal inzien, dat de ordinaten op den bol alle door de poolpunten gaan, en dus niet evenwijdig zijn.

Het stelsel van groote cirkels, dat men bezigt voor de plaatsbepaling

op den bol, heet een coördinatenstelsel. 't is een rechthoekig coördinatenstelsel aangezien de grootcirkels elkaar loodrecht snijden en om aan te geven, dat het op een bol is getrokken, voegt men nog het woord: sferisch toe. De volledige naam is dus: *rechthoekig-sferisch coördinatenstelsel.*

In de wiskundige aardrijkskunde gebruikt men vier verschillende grootcirkels als coördinaten; er zijn dus vier coördinatenstelsels. (De vier coördinatenassen zijn: de evenaar op aarde, de evenaar aan den hemel, de horizon, en de ecliptica; zie § 11, § 18, § 12 en § 93).

Men spreekt nu van: het aardequatorstelsel of 't graadnet; het hemelequatorstelsel; het horizontstelsel; en het eclipticastelsel.

§ 11. **Beschrijving van een rechthoekig-sferisch-coördinatenstelsel. Voorbeeld: het graadnet op aarde.** Om een rechthoekig-sferisch-coördinatenstelsel te beschrijven moet men meedeelen:

1. Hoe heet de coördinatenas? 2. Hoe heet de oorsprong (in de wiskunde aardrijkskunde gewoonlijk *nulpunt* geheeten). 3. Hoe heet de abscis? 4. Hoe heet de ordinaat? 5. In welke richting telt men de graden van den abscis? (Voor de ordinaten behoeft men dit niet op te geven, want men telt altijd naar weerszijden van de coördinatenas, en dus van 0° tot 90°). 6. Hoe heeten de poolpunten? 7. Ten slotte geeft men gewoonlijk aan 't eind eener beschrijving nog eens aan, door welke twee bogen de plaats in het coördinatenstelsel bepaald wordt.

We willen dit toelichten met een coördinatenstelsel, dat ons allen bekend is: het *graadnet* der aarde.

De coördinatenas heet *Evenaar* (equator, linie, evennachtslijn). (De aardas is de as, waarom de aarde draait. Dit is een rechte lijn. Men verwarre dus deze draaiingsas niet met de coördinatenas) De oorsprong heet: het *nulpunt* en heeft geen Eigennaam. De abscis heet geografische *lengte*. Men telt langs de as in *twee* richtingen: naar 't Oosten van 0° tot 180°, en naar 't Westen van 0° tot 180°. In *dit* stelsel moet men dus onderscheiden: *Oosterlengte* en *Westerlengte*. De ordinaat heet geografische *breedte*. Aangezien men de ordinaten ook maar twee richtingen telt, naar 't Noorden en naar 't Zuiden onderscheidt men: *Noorderbreedte* en *Zuiderbreedte*. De poolpunten heeten *Noordpool* der aarde en *Zuidpool* der aarde. De plaats van een punt op aarde wordt bepaald door lengte en breedte.

Opmerking. Het blijkt niet *noodig* te zijn, dat op een globe zoovele parallel- en lengtecirkels getrokken worden, als gewoonlijk het geval is, doch 't is wel *gemakkelijk* voor den gebruiker, want het tellen der lengte en breedtegraden gaat daardoor veel sneller.

§ 12. **Het Horizontstelsel.** Gegeven onze egocentrische voorstelling van 't heelal, dan biedt zich de *horizon* als 't ware aan als as van een coördinatenstelsel aan den hemel.

Als nulpunt kiest men het *Zuidpunt* (Z.p), dat voor de astronomen te allen tijde het belangrijkste punt aan den horizon is geweest. We

tellen langs den horizon van het Zuidpunt in de richting van het Westpunt van 0° tot 360°.

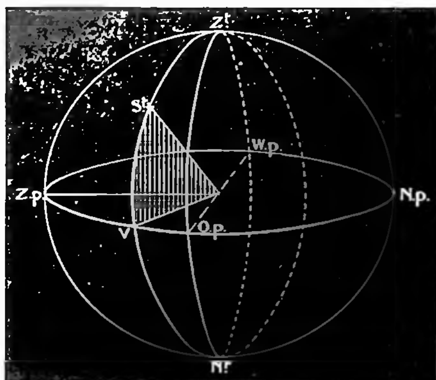


Fig. 9. Het eerste coördinatenstelsel aan den hemel. De horizon is de as.

Door de ster St. denken we ons een grootcirkel loodrecht op den horizon. V is het voetpunt van deze ordinaat. (Blijkens hetgeen volgt is er een punt aan den hemel, dat Voetpunt heet, welk woord een eigennaam is en dus met een hoofdletter wordt geschreven. Als men spreekt, is het verschil tusschen voetpunt met en zonder hoofdletter niet te hooren. Daarom vermijden we voortaan van een voetpunt te spreken en noemen dit steeds het *snijpunt* van den ordinaat met de coördinatenas).

De ordinaten heeten in dit stelsel *verticaalcirkels*. De boog Z.p.—W.P.—N.P.—O.P.—V is de abscis van de ster en heet het *Azimut* van de ster. De boog St.—V is de ordinaat en heet de *hoogte* van de ster.

De twee poolpunten van het stelsel heeten *Zenith* of Toppunt (boven den horizon) en *Nadir* of Voetpunt (onder den horizon). Deze kunnen beschouwd worden als de projecties van het standpunt op het hemelgewelf. De lijn, die Zenith en Nadir verbindt heet *de verticaal*. Het is blijkbaar de loodlijn in het standpunt, en omdat het standpunt zoo'n belangrijk punt is op het vlak van den horizon, heeft men de loodlijn in dit punt onderscheiden van alle andere loodlijnen, die men zich op 't horizontale vlak kan denken, door haar *de* verticaal te noemen. Blijkbaar is de verticaal de gemeenschappelijke middellijn van alle verticaalcirkels.

Onder de verticaalcirkels hebben er twee een Eigennaam: die, welke door het Zuidpunt en het Noordpunt gaat (Z.p.—Zt.—N.p.—Nr.) heet: de *meridiaan* van het standpunt; die, welke door het Oostpunt en het Westpunt gaat (O.p.—Nr.—W.p.—Zt.) heet *de Eerste Vertikaalcirkel*, bij verkorting in den regel genoemd: *de Eerste Verticaal* (deze naam geeft aanleiding tot verwarring met: de Verticaal!)

In plaats van de boog St.—V (de hoogte) te meten is het soms gemakkelijker om de boog Zt.—St. te meten. Deze boog heet *toppuntsafstand* en is blijkbaar het complement van de hoogte.

In het horizontstelsel bepaalt men dus de plaats eener ster; òf door *azimut* en *hoogte*; òf door *azimut* en *toppuntsafstand*.

Als samenvatting geven we nog de volgende definities:

't *Standpunt* is 't punt, waar de aanschouwer zich bevindt.

Het *Toppunt* is de projectie, omhoog, van het standpunt op het hemelgewelf of: het toppunt van een plaats op aarde is het snijpunt van de Verticaal (loodlijn of normaal) dier plaats met het hemelgewelf boven den horizon der plaats.

Het *Voetpunt* is de projectie, omlaag, van het standpunt op het hemelgewelf of: . . . . (Geef nu zelf de andere definitie voor 't Voetpunt).

De *ware horizon* van een plaats op aarde is de grootcirkel op 90° afstand van Toppunt en Voetpunt.

De *Verticaal* is de rechte lijn van Voetpunt naar Toppunt.

Een *verticaalcirkel* of Hoogtecirkel is een *halve* cirkel van Toppunt naar Voetpunt.

De *Eerste Verticaal* is de cirkel, die door het Oost- en 't Westpunt, het Toppunt en 't Voetpunt gaat.

§ 13. **Definities van hoogte, azimut en toppuntsafstand.** (Zie fig. 9).

1. De *hoogte* eener ster is de kortste boog van de ster naar den horizon (St. — V).

2. De *hoogte* eener ster is de hoek, gevormd door de gezichtslijn naar de ster (S — St.) en de projectie hiervan op den horizon (SV).

3. Het *azimut* eener ster is de boog van den horizon, gelegen tusschen het Zuidpunt en het snijpunt van den verticaalcirkel der ster met den horizon, gemeten van het Zuidpunt in de richting van het Westpunt.

4. Het *azimut* eener ster is de hoek, waarvan het vaste been de Zuidlijn is, het andere been de lijn van het Standpunt (S) naar het snijpunt van den verticaalcirkel der ster met den horizon (V); en welke hoek gemeten wordt van het Zuidpunt in de richting van het Westpunt.

5. Het *azimut* eener ster is de *tweevlakshoek* tusschen het vlak van den meridiaan en het vlak van den verticaalcirkel der ster, gemeten van het Zuidpunt in de richting van het Westpunt.

6. De *toppuntsafstand* eener ster is de boog van de ster naar het Toppunt.

7. De *toppuntsafstand* eener ster is de hoek gevormd door de Vertikaal en de gezichtslijn naar de ster.

§ 14. **Verband tusschen de richtingslijnen op het vlak van den horizon en de richtingscirkels (de verticaalcirkels) aan het hemelgewelf.** Als we (zie fig. 9) den meridiaan projecteeren op het vlak van den horizon, dan is die projectie de Noord-Zuidlijn. Projecteeren we de Eerste Verticaal, dan krijgen we de Oost-Westlijn.

Opmerking. In de zeevaartkunde wordt het azimut gerekend: op het Noordelijk Halfrond van het Noordpunt af, op het Zuidelijk Halfrond van het Zuidpunt af. En voorts telt men daar van 0 tot 180° naar Oost en West.

De projectie van een willekeurigen verticaalcirkel is een rechte lijn op het horizontale vlak, welke rechte altijd door het standpunt gaat.

Wie in zijn jeugd van een heelen ouwel, een halven en eenige kwartouwels wel eens de bekende voorwerpjes samengesteld heeft, kan zich stellig gemakkelijk een voorstelling maken van een coördinatenstelsel en van het verband, waarover hier sprake is.

§ 15. **Betrekkelijke waarde van het eerste coördinatenstelsel.** Wanneer de aanschouwer zich verplaatst, verplaatst zich het geheele horizontstelsel mèt hem. Het blijkt dus, dat het Toppunt volstrekt niet een *vast* punt is aan den hemel, en de horizon evenmin een cirkel met vaste ligging. De plaatsbepaling door azimut en hoogte (of toppuntsafstand) heeft dus alleen waarde voor den aanschouwer op de plaats, waar hij zich op een gegeven oogenblik bevindt.

In een volgende paragraaf zal ook blijken, dat de sterren zich voortdurend verplaatsen ten opzichte van den horizon (= ze komen op en gaan onder), dus azimut en hoogte eener ster veranderen voortdurend.

Maar deze plaatsbepaling heeft toch haar waarde: Als eenige personen, bij elkaar staande, den hemel bekijken, is de plaats eener ster door azimut en hoogte gemakkelijk te vinden.

Als men azimut en hoogte eener ster voor een gegeven plaats en een gegeven tijd kent, weet de sterrenkundige daaruit de *absolute* plaats van de ster aan den hemel te bereken. Hij weet dan dus, welke ster men bedoelt.

Als men hoogte en azimut meet van een ster, waarvan men de absolute plaats aan den hemel kent, en men kent den tijd, waarop de meting heeft plaats gehad, dan kan daaruit berekend worden, op welke plaats op aarde de waarnemer zich bevindt. Zoo kan de zeeman op den oceaan, de reiziger in de wildernis berekenen, waar hij op aarde is. (Zie verder § 73 en 74).

§ 16. **Aanschouwelijke voorstelling van het horizonstelsel, met behulp van de globe.** Beschouw de aardglobe als hemelglobe.

1. Plaats de „hemelglobe" zóó, dat de equator van de aardglobe samenvalt met den algemeenen horizon. Wat nu op de aardglobe het Noordpoolpunt is, stelt op 't oogenblik op onze „hemelglobe" het *Toppunt* voor. Wat op de aardglobe de lengtecirkels zijn, stellen nu op onze „hemelglobe" de *vertikaalcirkels* voor. De cirkel, waarin de globe draait is blijkbaar de *meridiaan* (zie maar, waar deze den horizon snijdt). Zoek verder: het Zuidpunt; in welke richting moeten we tellen; waar is het Nadir; waar de Verticaal; waar de Eerste Verticaal.

2. Draaien we nu de globe zóó, dat de Noordpool *niet* 90° boven den horizon staat, dan is het Toppunt te vinden op 90° boven den horizon. De verticaalcirkels vallen nu *niet* meer samen met de lengtecirkels op de globe. Dit geval is *het algemeene geval;* de stand, besproken onder 1, is een bijzonder geval, dat zich slechts op twee punten op aarde voordoet, nl. aan de Noordpool en aan de Zuidpool.

3. Men ga 's avonds naar buiten, en schatte azimut en hoogte van enkele heldere sterren.

§ 17. **Dagelijksche draaiing van het hemelgewelf.** Wanneer we eenigen tijd achtereen den sterrenhemel aandachtig beschouwen, dan blijkt, dat alle sterren zich verplaatsen van het Oosten naar het Westen door het Zuiden langs cirkelbogen. Die bogen zijn kleiner naarmate de ster dichter in de nabijheid van de Noordpoolster staat. Maar de Noordpoolster blijkt óók een cirkeltje te beschrijven. Als we den volgenden avond op ongeveer denzelfden tijd den sterrenhemel weer beschouwen, zien we dat alle sterren hun cirkelbaan hebben afgelegd en weer op dezelfde plaats staan.

De middelpunten van al die cirkelbogen liggen op de hemelas, een rechte lijn, van de Noordpool des hemels naar de Zuidpool des hemels, door het standpunt. Het *Noordpoolpunt* en het *Zuidpoolpunt* zijn dus de eenige punten aan den hemel, die *niet* deelnemen aan de schijnbare dagelijksche beweging van het hemelgewelf.

Deze beweging der sterren is slechts schijnbaar. Ze is een gevolg van de wenteling der aarde om haar as. (Zie bldz. 55).

De juiste plaats van het Noordpoolpunt kunnen we op de volgende wijze vinden (zie fig. 1). We trekken een lijn van de Noordpoolster naar de tweede staartster van de Groote Beer. Het Noordpoolpunt ligt nu op die lijn, 1½° van de Noordpoolster af. (Anderhalve graad = 2½ × de breedte der Volle Maan.)

Wanneer we door het Noordpoolpunt een verticaal cirkel trekken, dan blijkt die den



Fig. 10. Deze figuur geeft een voorstelling van de bogen, afgelegd door enkele sterren, die in de nabijheid van de Noordpool staan. Men heeft de camera gericht op de Noordpool. Doordat de sterren bewegen, heeft elke ster een boogje getrokken op de gevoelige plaat: een heldere ster een dik boogje, een zwakke ster een dun. Alle bogen hebben evenwel graden. Men kan dus uit de figuur berekenen, hoe lang de camera heeft opengestaan.
(Naar Scobel: Geografisches Handbuch I.)

horizon te snijden juist in het Noordpunt. Het *azimut* van de Noordpool des hemels is dus 180° en de Noordpool ligt in den meridiaan. Op verschillende plaatsen op aarde blijkt de *hoogte* van de Noordpool te verschillen. In Nederland, beter gezegd in Amsterdam, is die hoogte 52½°. Hiermede is dus de plaats van de Noordpool bepaald in het horizontstelsel voor Amsterdam.

We kunnen nu onze aardglobe weer als hemelglobe beschouwen. Draaien we haar zóó, dat de Noordpool 52½° boven het Noordpunt van den horizon staat, dan staat de hemelglobe juist zoo als het hemelgewelf zich aan ons voordoet *in Amsterdam.*

§ 18. **Het Hemelequatorstelsel.** Het *Noordpoolpunt* is een *vast* punt aan den hemel. Dit leent zich dus nog beter dan het toppunt, als poolpunt voor een coördinatenstelsel aan den hemel.

Tegenover het Noordpoolpunt ligt, in de onzichtbare helft van den hemel, het *Zuidpoolpunt.* De middellijn die beide verbindt, heet de draaiingsas, kortweg as, des hemels. Deze gaat blijkbaar door het standpunt.

Loodrecht middenop de hemelas kan men zich een grootcirkel denken, welke dus evenver van de beide poolpunten af ligt. Deze heet *hemelequator* en snijdt den horizon in het West- en het Oostpunt. Dit is de coördinatenas van het hemelequatorstelsel.

De grootcirkels aan den hemel, welke door de beide poolpunten gaan, staan loodrecht op den hemelequator. Ze heeten *declinatiecirkels.*

Ergens op den hemelequator ligt een punt, dat *Lentepunt* of het punt Ram genoemd wordt. Dit wordt als *nulpunt* aangenomen. Men telt langs den hemelequator in de richting van 't Westen door 't Zuiden naar 't Oosten (dus tegengesteld aan den schijnbaren dagelijkschen loop der sterren; of ook: tegengesteld aan de wijzers van een uurwerk), en wel van 0° tot 360°.

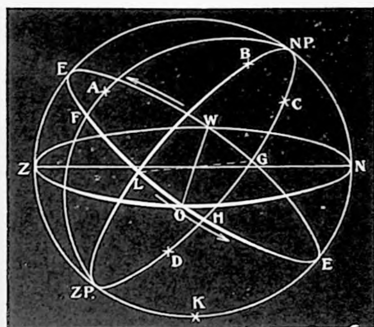


Fig. 11. Het tweede coördinatenstelsel aan den hemel. De hemelequator in de as.

In fig. 10 is NWZO de horizon met de vier hoofdpunten, in schuine projectie voorgesteld. De grootcirkels, waarop de punten A, B, C, D en K zijn aangegeven zijn declinatiecirkels. Daarvan heet de cirkel N—NP—E—Z—ZP—K—E: *de meridiaan van he standpunt.* Cirkel EFLOEGW is de hemelequator. De pijl geeft de richting aan, waarin langs den hemelequator moet geteld worden. L is het Lentepunt.

Wil men nu de plaats van A in het hemelequatorstelsel bepalen,

dan trekt men den declinatiecirkel van A. Het snijpunt met den hemelequator is F, Bg AF is de ordinaat van A en deze heet in dit stelsel: *de declinatie.* Bg LOEGWEF is de abscis en heet in dit stelsel: *Rechte klimming* (R.K.) of Rechte Opklimming (R. O.) of *Ascentio Recta* (A. R.) In de figuur schatten wij de declinatie van A op 10° *Noord*, en de R. K. op 290°.

De hemelas NP—ZP ligt in 't zelfde vlak als de lijn N.Z. Het vlak van den hemelequator slaat loodrecht op den hemelas. Dus snijden het vlak van den helemequator en 't vlak van den horizon elkaar in een lijn, die loodrecht middən door N.Z. gaat. De punten O. en W. zijn dus 't Oost- en Westpunt.

Hemelequator en horizon snijden elkaar altijd in het Oost- en Westpunt.

Poolsafstand is de boog van een ster naar de dichtstbijzijnde hemelpool, gemeten langs den declinatiecirkel der ster. Poolsafstand is altijd het complement van de declinatie der ster.

Opgaven. 1. Zoek de bogen op, die de declinatie aangeven van A, B, C, D en K en zie of die declinatie Noordelijk dan wel Zuidelijk is.

2. Zoek de bogen op, welk de R. K. aangeven voor de punten A, B, C, D en K.

3. Geef naar *schatting* op: de Declinatie en R. K. van de punten A, B, C, D en K.

3. Geef een beschrijving van het tweede coördinatenstelsel volgens § 11.

Antw. - 1. AF, BL, CG, DG, KN.

2. LOEGWEF, 360° of o°, LOEG, LOEG, LOE.

§ 19. **Definities van R. K. en Declinatie.** (Zie fig. 11). 1. Het *Noordpoolpunt* en het *Zuidpoolpunt* aan den hemel zijn de twee punten, die niet deelnemen aan de schijnbare dagelijksche wenteling van het hemelgewelf.

2. De *Hemelequator* is de cirkel aan den hemel, die 90° van de beide poolpunten is verwijderd.

3. Een *declinatiecirkel* of uurcirkel is een halve cirkel van de Noordpool des hemels naar de Zuidpool des hemels.

4. *Rechte klimming* eener ster is de *boog* van den hemelequator, gelegen tusschen het Lentepunt en het snijpunt van den declinatiecirkel der ster met den hemelequator, gemeten van het Lentepunt in een richting van het Westen door het Zuiden naar Oosten, of: in een richting tegengesteld aan de dagelijksche beweging der zon; of: in een richting tegengesteld aan die van de wijzers van een uurwerk.

5. *Rechte klimming* eener ster is de *hoek*, waarvan het vaste been is de lijn van het Standpunt naar het Lentepunt en het andere been de lijn van het Standpunt naar het snijpunt van den declinatiecirkel der ster met den hemelequator. De hoek wordt gemeten van het Lentepunt in de richting van het Westen door het Zuiden naar het Oosten, of: enz. (zie 1).

Rechte klimming wordt aangegeven in graden, van 0° tot 360° of in uren, van 0^u tot 24^u.

6. Rechte klimming eener ster is de *tweevlakshoek* tusschen het vlak van den declinatiecirkel over het Lentepunt, en het vlak van den declinatiecirkel over de ster, geteld in een richting tegengesteld aan de schijnbare dagelijksche beweging van de zon.

7. De *declinatie* eener ster is de kortste *boog* van de ster naar den hemelequator.

8. De *declinatie* eener ster is de *hoek*, waarvan het eene been is de gezichtslijn naar de ster, het andere de projectie van die gezichtslijn op het vlak van den hemelequator:

of wel: het andere been is de lijn van het standpunt naar het snijpunt van den declinatiecirkel der ster met den hemelequator.

9. De *hemelmeridiaan* van een plaats op aarde is de grootcirkel, die door het Toppunt en het Poolpunt gaat.

§ 20. **Aanschouwelijke voorstelling van het tweede coördinatenstelsel aan den hemel, met behulp van de globe.** Bij de bepaling van R. K. en Declinatie hebben we geen horizon noodig. We kunnen dus de globe uit den standaard lichten.

De poolpunten op de aardglobe stellen nu Noordpool en Zuidpool *des hemels* voor. De hemelas (bedoeld wordt de draaiingsas) loopt dus door de globe, en het Standpunt is in het middelpunt der globe.

De equator op de aardglobe stelt nu den hemelequator voor. De lengtecirkels op de aardglobe stellen nu de declinatiecirkels op de hemelglobe voor. Het snijpunt van den declinatiecirkel, die aangegeven wordt door den meridiaan van Greenwich, met den equator *nemen* we nu maar *aan* als nulpunt op den hemelequator, dus als Lentepunt.

Maar de nummering der graden op den Evenaar kunnen we niet overnemen. Die is op de aarde van 0° tot 180° naar Oost en evenzoo naar West. Wij moeten langs den hemelequator tellen van 0° tot 360° van het Lentepunt in een richting van West door Zuid naar Oost. R. K. en Decl. komen blijkbaar overeen met Oosterlengte (die we dus móeten doortellen tot 360°) en Breedte.

§ 21. **Hoe staat het hemelequatorstelsel aan den hemel van Amsterdam?** We kiezen Amsterdam, de hoofdstad, als representant van alle plaatsen in Nederland.

Ons is reeds bekend, *door waarneming*, dat de Noordpool des hemels daar $52^1/_2$° boven het Noordpunt staat.

We stellen de globe (die „hemelglobe" is) in den standaard en zorgen dat de Noordpool $52^1/_2$° boven het Noordpunt komt. Nu stelt het graadnet op de aardglobe het hemelequatorstelsel aan den hemel voor.

We *zien*, dat de hemelequator den horizon snijdt in het Oost- en Westpunt, en dat horizon en hemelequator elkaar halveeren (doordat het twee groote cirkels zijn). We *zien*, dat het hoogste punt van den hemel-

equator $37\frac{1}{2}^\circ$ staat boven het Zuidpunt. We *zien*, dat de declinatiecirkels schuin op den horizon staan, behalve de meridiaan, die er loodrecht op staat.

Later zal *bewezen* worden, waardoor dit alles zoo is.

Men verzuime nu niet, aan den sterrenhemel met behulp van Noordpoolpunt, Oostpunt en Westpunt zich een voorstelling te vormen van het hemelequatorstelsel aan den hemel. Echter: het Lentepunt kan men zonder nadere aanwijzing niet vinden, en dus kan men ook niet de R. K. der sterren schatten. De declinatie daarentegen wèl.

D. DE STERRENHEMEL.

§ 22. **Circumpolairsterren. Culminaties.** We hebben gezien, dat alle sterren dagelijks een cirkelboog beschrijven en dat de Noordpool een vaste plaats inneemt aan 't hemelgewelf, dus altijd boven den horizon is. Het blijkt nu, dat in Amsterdam sommige sterren zóó dicht bij de Noordpool des hemels staan, dat hun dagelijksche bogen geheel boven den horizon blijven. Deze sterren heeten: *circumpolairsterren*. Aangezien de Noordpool in Amsterdam $52\frac{1}{2}^\circ$ boven den horizon staat, zal de uiterste circumpolairster niet verder dan $52\frac{1}{2}^\circ$ van de Noordpool verwijderd zijn, en dus $90 - 52\frac{1}{2}^\circ = 37\frac{1}{2}^\circ$ Noorderdeclinatie hebben.

In Amsterdam zijn dus *blijkens onze waarneming* al die sterren circumpolair, welker poolsafstand kleiner is dan de geografische breedte van Amsterdam.

In § 17 is meegedeeld, dat de Noordpool in andere plaatsen een andere hoogte heeft, en daaruit maken we de gevolgtrekking, dat het aantal circumpolairsterren verschillend is in verschillende plaatsen op aarde.

De algemeene regel luidt: Een hemellichaam is circumpolair, als de poolsafstand kleiner is dan de geografische breedte van de plaats van waarneming.

Van de circumpolairsterren kunnen we *waarnemen*, dat ze twee keer den meridiaan snijden, den eenen keer dichter bij den horizon, dan den anderen keer, en met een tijdsverschil van 12 uur. Men spreekt daarom van een *bovenste culminatie* en een *onderste culminatie*, of bovendoorgang en onderdoorgang.

Alle *niet-circumpolaire* sterren gaan op, bereiken hun hoogste punt in den meridiaan (= bovenste culminatie) en gaan onder. We begrijpen, dat ze den meridiaan nog eens passeeren beneden den horizon (onderste culminatie).

Het is duidelijk, dat er ook sterren zijn, die nooit boven den horizon eener plaats komen. Dat zijn voor Amsterdam b.v. alle sterren, die minder dan $52\frac{1}{2}^\circ$ van de *Zuidpool* des hemels verwijderd zijn.

Men noemt nu de ééne groep sterren *circumpolair boven den horizon;* de andere groep zijn *circumpolair beneden den horizon.*

Definities. Circumpolairsterren zijn sterren, die voor een gegeven plaats steeds boven den horizon blijven.

De *culminatie* van een hemellichaam is de doorgang door den meridiaan.

Culminatiepunten zijn de snijpunten van de schijnbare dagelijksche baan van een hemellichaam met den meridiaan.

§ 23. **Helderheid der sterren. Kleur.** Naar de helderheid verdeelt men de sterren in: sterren van de eerste grootte, tweede grootte, enz. Als we de helderheid van de 1e klasse = 100 stellen, dan is die van de 10de klasse = 0.025. (De verhouding telkens als ongeveer 2½ : 1). Overigens verschilt de helderheid eener ster naarmate ze hooger of lager boven den horizon staat. Voorts is het duidelijk dat de verdeeling in klassen slechts menschenwerk is, zoodat alle sterren die tot de eerste klasse gerekend worden, volstrekt niet precies dezelfde helderheid hebben, en dat geldt voor alle klassen. Wie goede oogen heeft, kan sterren tot de zesde grootte nog zien.

De meeste sterren schijnen ons wit toe. Enkele oogen, gevoelig voor kleurverschillen, zien, dat er ook roode sterren zijn (Antares, Arcturus, Aldebaran, Betelgeuze); en enkele gele, (Capella). In de telescoop is dat beter te zien. Andere kleuren vertoonen de sterren *niet*.

§ 24. **Aantal der voor het bloote oog zichtbare sterren. Sterrenbeelden. Benoeming der sterren.** Het aantal sterren, dat we aan den helderen nachthemel met het bloote oog zien, lijkt ons ontelbaar. Toch zien we er niet meer dan ruim 3000. En als we de sterren meetellen, die we slechts een deel van 't jaar kunnen zien, komen we op onze breedte tot een getal van ± 4000. Aan den noordelijken en zuidelijken hemel samen zijn ± 5500 sterren met het bloote oog zichtbaar.

Met onze sterkste kijkers zien we er echter zóóveel, dat hun aantal inderdaad nog niet geteld, alleen maar *geschat* is. De schattingen loopen sterk uiteen, doch zeker zijn er eenige honderden millioenen sterren met de kijkers zichtbaar.

Ieder denkend mensch zal gaarne de voornaamste sterren leeren vinden. Zoo hebben de oude Grieken alreeds de sterren verbonden tot *sterrenbeelden*, en daaraan namen gegeven, welke we ook in hun mythen vinden. In later eeuwen hebben Europeesche astronomen nog enkele sterren tot groepen vereenigd, en aan deze moderne namen gegeven, welke nu juist niet altijd even poëtisch klinken als de oude Grieksche, bv. de Triangel, het Fornuis, het Scheepscompas, de Luchtpomp.

De helderste sterren hebben een Eigennaam. Enkele dezer zullen we vermelden bij de behandeling der sterrenbeelden. De meeste namen zijn van Arabischen oorsprong.

Ongeacht deze namen onderscheidt men, op voetspoor van J. Bayer (1603, in zijn Uranometria, een atlas met 51 sterrenkaarten), de helderste sterren van een sterrenbeeld door de letters van 't Grieksche alfabet. Men geeft in den regel de helderste ster de letter α en benoemt nu niet juist de andere sterren in volgorde van haar helderheid, maar

ook wel in de volgorde, waarin ze in 't sterrenbeeld staan, of in de volgorde der Rechte Klimming.

We geven hierbij het *Grieksche* alfabet ten behoeve van hen, die een sterrenkaart bezitten:

α = a Alpha.	ι = i Jota.	ϱ = r Rho.
β = b Beta.	$\varkappa$ = k Kappa.	$\sigma\varsigma$ = s of ſ Sigma.
γ = g Gamma.	λ = l Lambda.	τ = t Tau.
δ = d Delta.	μ = m My.	υ = u Ypsilon.
ε = korte e Epsilon.	ν = n Ny.	φ = ph of f Phi.
ζ = dz Zeta.	ξ = x Ksi.	χ = ch of kh Chi.
η = lange e Eta.	o = korte o Omikron.	ψ = ps Psi.
ϑ = th Theta.	π = p Pi.	ω = lange o Omega.

Zijn er nog meer sterren te benoemen, dan gebruikt men daarvoor het *Latijnsche* alfabet, en de rest van (nog kleinere) sterren krijgen een nummer. Hiervoor zijn verschillende catalogi met verschillende nummers. Men moet dus in dit geval 't nummer en den catalogus noemen, bv. 1830 Gr. beteekent: ster n°. 1830 van den catalogus van Groombridge.

§ 25. **Het Sterrenbeeld de Groote Beer.** Het algemeen bekende sterrenbeeld aan onzen Noordelijken hemel is de Groote Beer (eigenlijk Berin), ook wel de *Wagen* of de *Schroef* genoemd. De laatste naam wordt zeiden meer gebruikt.

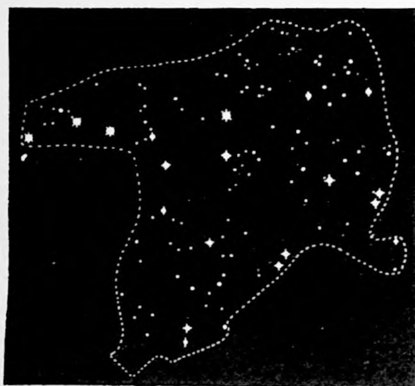


Fig. 12. Het Sterrenbeeld de Groote Beer met de voornaamste sterren.

Opmerking. In alle fig. van de sterrenbeelden is een stip met 8, 6, 4, 2, punten een ster van de 1e, 2e, 3e, 4e grootte. De sterren van de 5de en 6de grootte zijn stippen zonder punten, en die van de 6e grootte zijn dan iets kleiner dan die van de 5de grootte.

Aan den hemel vormen de 7 helderste sterren van dit beeld de bekende figuur. Er behooren echter nog veel meer sterren toe, 't geen uit nevenstaande figuur wel blijkt. Er blijkt tevens uit, dat er nogal wat fantasie voor noodig is, om er een Beer in te zien. Voorts bedenke men, dat deze sterren *in het heelal* volstrekt *niet* bij elkaar behooren: ze staan millioenen KM. van elkaar af en hebben over 't geheel niets met elkaar te maken. Ze *lijken* alleen maar een geheel te vormen. En die *schijn* is nu zóó sterk, dat men de groepeering der sterren in sterrenbeelden behouden heeft.

In de figuur is het sterrenbeeld in een stand geteekend, waarin men het ook wel aan den hemel kan zien staan. In de meeste gevallen zien we het echter in een anderen stand, want het heele sterrenbeeld draait in 24 uur rondom de Noordpool des hemels. Daarbij houden de sterren echter hun onderlingen stand. 't Verwondert ons dan ook niet, dat de Ouden meenden, dat de sterren aan het hemelgewelf bevestigd waren (of gaatjes waren in 't hemelgewelf, waardoorheen men het Eeuwige Vuur zag). Hoewel wij beter weten, kunnen wij ons toch niet onttrekken aan die foutieve voorstelling van een hemelgewelf, zooals we reeds op pag. 2 opmerkten.

De opmerking over den *stand* van 't sterrenbeeld de Groote Beer, geldt voor alle sterrenbeelden, en dus voor alle figuren van § 27.

§ 26. **Jaarlijksche beweging van den sterrenhemel.** Stel, dat we in Jan. op een bepaalden dag en een bepaald uur het sterrenbeeld: de Groote Beer zien staan.

Wanneer we nu een maand later op hetzelfde uur naar „de Groote Beer" kijken, dan zien we het sterrenbeeld niet meer op die plaats, doch ongeveer 30° verschoven Elke volgende maand blijkt dat weer het geval te zijn. In een jaar schijnt zoo de hemelbol zich geleidelijk één keer om haar as te draaien.

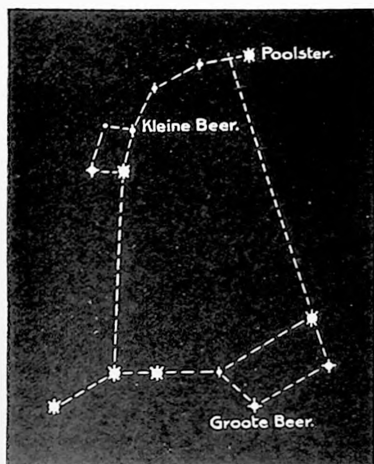


Fig. 13. Het Sterrenbeeld de Groote Beer en het Sterrenbeeld de Kleine Beer met de Poolster.

Dit is een jaarlijksche (schijnbare) beweging van den hemelbol, welke we dus niet moeten verwarren met de dagelijksche (bldz. 18 en § 17). In § 95 vindt men de verklaring van deze schijnbare beweging.

Het gevolg van die (schijnbare) jaarlijksche beweging van het hemelgewelf is, dat we een deel van den hemel, een bolkap met de Noordpool als middelpunt en een straal van $52\,^1/_2{}^\circ$ (*in Holland*), 't heele jaar door zien (de circumpolairsterren); een even groot deel van den hemel, met de Zuidpool als middelpunt, zien in wij Holland nooit. De strook, die daartusschen ligt ($180^\circ - 2 \times 52\,^1/_2{}^\circ = 75^\circ$ breed) zien we slechts voor de helft tegelijk, doch door de draaiing van den hemel zien we in den loop van 't jaar achter-

eenvolgens alle sterren uit die strook (zoo bv. Orion 's winters wel, doch 's zomers niet).

De sterren hebben haar vaste plaats aan den hemel. De ware horizon van een plaats op aarde heeft haar vaste plaats in het hemelgewelf. De sterren komen dus het geheele jaar op dezelfde *plaats* van den horizon op. Het *uur van opkomst* verandert echter geleidelijk door de schijnbare jaarlijksche omwenteling van het hemelgewelf. Daardoor zal een ster, die eerst 's avonds opkwam, na zekeren tijd op 't zelfde punt overdag opkomen. Dan zien we de ster echter niet, doordat haar licht overschitterd wordt door dat van de Zon.

We moeten hierbij nog opmerken, dat de *dagboog* van een ster dat gedeelte van haar schijnbare dagelijksche baan is, 't welk *boven den horizon* ligt. Dat is dus het geheele jaar door, dezelfde boog. We *zien* de ster dus alleen dan, wanneer ze haar *dagboog des nachts* beschrijft, geheel of gedeeltelijk.

§ 27. **Eenige der voornaamste sterrenbeelden, welke zichtbaar zijn in Nederland.** 1. De Groote Beer; zie bldz. 18.

2. Met behulp van de Groote Beer vindt men de Noordpoolster. Trek aan den hemel een flauw gebogen lijn van de Noordpoolster naar de tweede staartster van de Groote Beer, de teekening geeft aan, hoe dan de *Kleine Beer* gevonden wordt, waarvan de Noordpoolster de laatste staartster is.

3. Verleng den staart van de Groote Beer, zooals de teekening aangeeft. Men vindt dan een heldere ster, Arcturus geheeten. Deze vormt met de in de teekening aangegeven sterren, die er boven staan, een soort van vlieger. Dit zijn vijf sterren van het Sterrenbeeld Bootes.

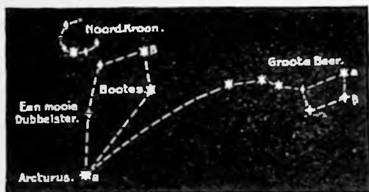


Fig. 14. Groote Beer, Bootes en de Noordelijke Kroon.

4. Naast Bootes vindt men een vijftal sterren, die een boog vormen. Ze zijn de helderste sterren van de Noordelijke Kroon. De middelste en helderste ster heet Gemma (= juweel).

5. Denk U een lijn van δ van de Groote Beer naar de Noordpoolster. Verleng die lijn met een even groot stuk, en ge vindt een der sterren van 't sterrenbeeld *Cassiopeia*, dat een W aan den hemel vormt.

Denkt men zich een lijn loodrecht midden op de eerste, dan vindt men op eenigszins verderen afstand van de Noordpoolster aan den eenen kant een ster van de 1e grootte: *Wega,* behoorende tot het sterrenbeeld de *Lier* en aan den anderen kant eveneens een ster van de eerste grootte: *Capella,* behoorende tot het sterrenbeeld: de *Voerman* of *Wagenman.* Capella beteekent Geitje; de Voerman draagt een geitje op den arm.

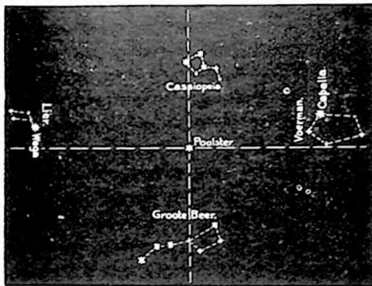


Fig. 15. Groote Beer, Voerman, Cassiopeia, Lier.

6. Halverwege tusschen Cassiopeia en Capella, doch iets verder van de Noordpoolster, ziet men een ster van de tweede grootte: *Algol*, een veranderlijke ster, die tot het sterrenbeeld *Perseus* behoort, dat, zooals de teekening aangeeft, nog een ster van de tweede grootte bevat. In de eerste helft van Augustus ziet men hier vele vallende sterren (zie § 153).

7. Bij Algol ziet men verder van de pool dan Cassiopeia vier sterren van de 2e grootte, waarvan de twee het dichtst bij Algol, behooren tot het sterrenbeeld *Andromeda*. De andere twee vormen met twee sterren er beneden een reusachtigen vierhoek, die tot het sterrenbeeld *Pegasus* behoort (van half September af den geheelen winter goed te zien).

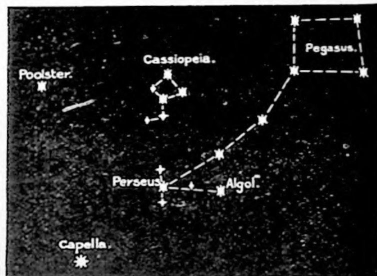


Fig. 16. Perseus, Andromeda en Pegasus.

8. Halverwege tusschen Capella en α en β van de Groote Beer vindt men twee sterren van de 2e grootte, doch tweemaal zoo ver van de Noordpoolster als α van de Groote Beer. Deze zijn: *Castor* en *Pollux* van het sterrenbeeld: de *Tweelingen*.

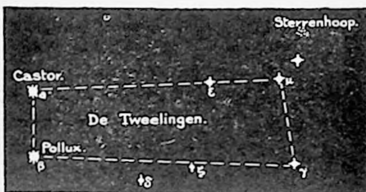


Fig. 17. De Tweelingen.

Het geheel is ongeveer een lange rechthoek. Dit sterrenbeeld is alleen in den winter goed te zien in den vooravond.

9. In den winter is het schitterendste sterrenbeeld, dat we in den vooravond zien: *Orion*. Men trekke een lijn van de Noordpoolster over Capella en vindt dan een ster van de 1e grootte: *Rigel*.

In Orion zoeke men nog op: *de Drie Koningen*, *Betelgeuze* en *Bellatrix*.

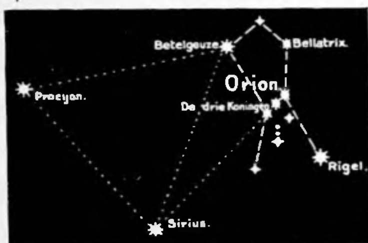


Fig. 18. Orion, Sirius (de Groote Hond) en Procyon (de Kleine Hond).

10. Trek de lijn van de Drie Koningen naar beneden door en ge vindt een ster van de 1e grootte: *Sirius*, van het sterrenbeeld: *de Groote Hond*, vooral 's winters en in 't voorjaar goed zichtbaar.

11. Betelgeuze, Sirius en een derde ster van de 1e grootte; *Prokyon*, behoorende tot het sterrenbeeld de *Kleine Hond*, vormen een reusachtigen gelijkzijdigen driehoek, vooral in winter en voorjaar goed te zien.

12. Halverwege tusschen Capella en Algol, doch bijna tweemaal zoo ver van de Noordpoolster, vindt men een ster van de 1e grootte: *Aldebaran* (rood), van het sterrenbeeld *de Stier* (in 't najaar goed te zien), waarbinnen een sterrengroep ligt: de Hyaden.



Fig. 19. De Stier (met de Hyaden en de Pleiaden); Aldebaran.

13. Tusschen Perseus en de Stier vindt men een groepje sterren dicht bij elkaar: de *Pleiaden* of het Zevengesternte.

14. Tweemaal zoover van de Noordpoolster als β van de Groote Beer, en in diezelfde richting vindt men een ster van de 1e grootte: *Regulus* (= koning), van het sterrenbeeld: *de Leeuw*, in de wintermaanden het best te zien. Half November ziet men hier vele vallende sterren (zie § 153).

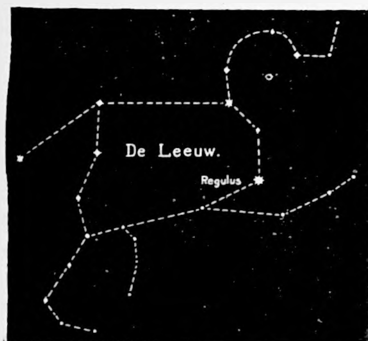


Fig. 20. De Leeuw (met Regulus).

15. Door Tweelingen, Voerman, Cassiopeia ziet men den *Melkweg* loopen als een zachte schemering van millioenen sterren. De Melkweg vormt bijna een grootcirkel aan den hemel. Op sommige plaatsen is de Melkweg dubbel.

Tusschen Cassiopeia en Wega ziet men in den Melkweg een ster van de 2e grootte: *Deneb*, van 't sterrenbeeld: *de Zwaan* en nog verder weg, ook in den Melkweg, *Atair*, 1e grootte, van het sterrenbeeld: *de Arend*. Wega, Deneb en Atair vormen een grooten gelijkbeenigen driehoek.

Groote Beer, Kleine Beer en Cassiopeia zijn circumpolair voor onze breedte, dus altijd te vinden. Men dient zich tevreden te stellen met elken avond één of twee sterrenbeelden op te zoeken, dan komt men er spoedig in. Het best is, te beginnen als het Eerste of Laatste Kwartier is, want bij Volle Maan overschittert deze te veel sterren, en bij Nieuwe Maan kan de sterrenhemel zóó schitterend zijn, dat men door de veelheid der sterren de „beelden" niet kan vinden.

Het zal den gebruiker van dit boek gebleken zijn, dat we door richtingslijnen (alignementen) allereerst de helderste sterren leeren vinden, daarna eerst de sterrenbeelden.

Een sterrenkaart geeft bij 't opzoeken groot gemak. De meeste sterrenkaarten zijn zóó ingericht, dat men den rand kan draaien, zoodat juist onbedekt blijft het gedeelte van den sterrenhemel, hetwelk men op den gewenschten datum en 't gewenschte uur kan zien. De meeste sterrenkaarten bevatten aanwijzingen voor 't gebruik en vaak nog interessante bijzonderheden. Wij bevelen aan: Sternenhimmel zu jeder Stunde des Jahres; von Klippel in Dortmund; *f* 0.95, zonder daarmee andere af te keuren. Bij 't gebruik bedenke men vooral, dat de afstanden aan den hemel zoo groot zijn en de sterrenbeelden dus evenzoo.

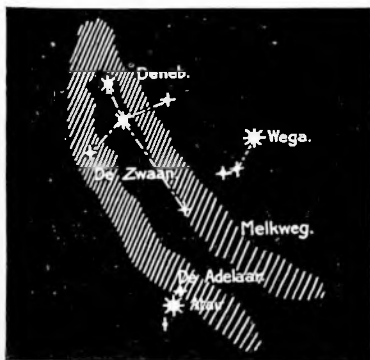


Fig. 21. De Zwaan (met Deneb middenin), de Adelaar (met Atair of Altair), de Lier (met Wega). De Melkweg is gearceerd.

E. LOOP VAN DE ZON BOVEN DEN HORIZON VAN AMSTERDAM.

§ 28. **Punten van opkomst en ondergang. Amplitudo, of morgen- en avondwijdte.** *Waarnemingen.* Op 21 Maart komt in Amsterdam de zon precies in 't Oostpunt op; den volgenden dag iets noordelijker, enz., totdat ze op 21 Juni opgaat 41° ten Noorden van het Oostpunt.

De boog van den horizon tusschen het Oostpunt en 't punt van opkomst der zon, heet amplitudo of *morgenwijdte.*

Na 21 Juni komt de zon telkens iets minder noordelijk op, totdat ze op 23 September weer in 't Oostpunt opkomt. Het amplitudo is dus geleidelijk verminderd van 41° tot 0°, doch is steeds *noordelijk* gebleven.

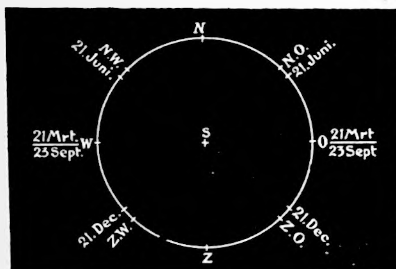


Fig. 22. Punten van opkomst en ondergang voor den horizon van Amsterdam.

Na 23 September komt de zon elken dag iets verder ten *Zuiden* van het Oostpunt op, tot 21 Dec. Dan is het amplitudo in Amsterdam 41° Zuidelijk.

Daarna wordt het amplitudo elken volgenden dag iets minder, tot het op 21 Maart weer 0° is.

De punten van opkomst verplaatsen zich dus een halfjaar lang steeds Noordwaarts (van 21 Dec. tot 21 Juni) en 't andere halfjaar Zuidwaarts.

Opgaven. 1. Neem de opkomst der zon waar op enkele der genoemde data.
2. Zoek de hiervóór vermelde punten van opkomst op aan den algemeenen horizon der globe.

Met de punten van ondergang is het evenzoo gesteld als met de punten van opkomst, maar men moet ze natuurlijk zoeken aan den Westelijken horizon.

De boog v. d. horizon tusschen het Westpunt en het punt van ondergang heet óók amplitudo, of wel avondwijdte. Zie verder de figuur.

§ 29. **Culminatiepunten van de zon.** We nemen waar, dat de zon, evenals de sterren, elken dag culmineert (= den meridiaan passeert). Dat is blijkbaar de bovenste culminatie of bovendoorgang. De onderste culminatie of benedendoorgang zien we niet. En die bovenste culminatie geschiedt 's middags te 12 uur. (Deze tijdsbepaling is niet geheel juist, zooals in § 109 blijkt, doch we volgen hier voorloopig het algemeen spraakgebruik).

Definitie. *De culminatiepunten van een hemellichaam zijn de twee snijpunten van de schijnbare dagelijksche baan van dat hemellichaam met den meridiaan van de plaats van waarneming.*

Als we nu in Amsterdam de hoogte van de zon meten bij haar bovenste culminatie, dan blijkt ons:

Op 21 Maart is de culminatiehoogte 37½°. Daarna is ze elken volgenden dag iets grooter, tot de zon op 21 Juni culmineert op een hoogte van 61°. Na dien datum culmineert de zon elken volgenden

dag iets lager; op 23 Sept. is de culminatiehoogte weer 37½°; op 21 Dec. slechts 14°. Daarna neemt de culminatiehoogte weer toe.

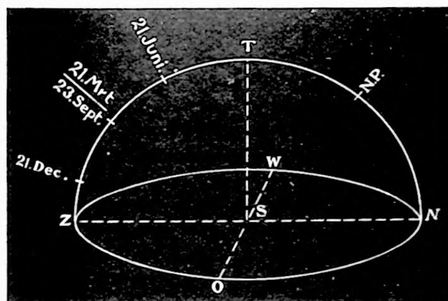


Fig. 23. Culminatiepunten van de zon voor Amsterdam. ZWNO is de horizon (perspectivisch geteekend), ZTNPN stelt het hemelgewelf voor. T is het toppunt, S het standpunt, ST de verticaal, NP de Noordpool.

Uit het voorgaande blijkt, dat de zon na 21 Dec. voortdurend „klimt" in den meridiaan. Na 21 Juni „daalt" de zon in den meridiaan. Er moet dus een oogenblik zijn — *volgens deze voorstelling* — dat de zon stilstaat, evenals een stijgend voorwerp een ondeelbaar oogenblik moet stilstaan, alvorens het kan dalen. Dit oogenblik heet de *zonnestilstand* of *solstitium*. Blijkbaar zijn er twee *solstitia*, nl. op 21 Dec. en op 21 Juni.

§ 30 **Dagbogen van de zon** Definitie. *De dagboog van de zon is dat deel van haar dagelijksche schijnbare baan, hetwelk boven den horizon ligt.* (Zie bldz. 22 over de dagbogen der sterren).

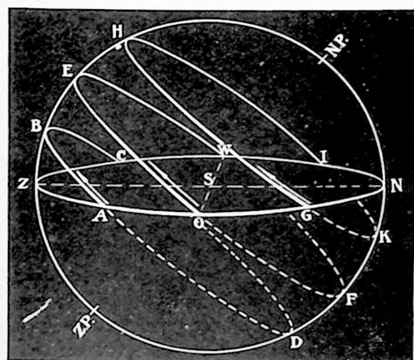


Fig. 24. Dag- en nachtbogen van de zon voor Amsterdam. ZWNO is de horizon (perspectievelijk voorgesteld), S is 't standpunt, Cirkel ZBEH enz. stelt het hemelgewelf voor, NP en ZP zijn Noord- en Zuidpool des hemels. OEWF is de hemelequator, tevens baan de zon op 21 Maart en 23 September, ABCD is de Zuiderkeerkring, tevens baan van de zon op 21 Dec., GHIK is de Noorderkeerkring, tevens baan van de zon op 21 Juni.

't Is bekend, dat de dagbogen van de zon van 21 Dec. af steeds grooter worden tot aan 21 Juni en vervolgens omgekeerd. Ditzelfde blijkt uit § 29 en 30.

Om een juiste voorstelling van de dagbogen boven den horizon van Amsterdam te krijgen, plaatse men de globe, zooals is aangegeven in § 21. Nu zoekt men voor 21 Maart het punt van opkomst, het culminapunt en 't punt van ondergang. Dan blijkt, dat de zon langs den

hemelequator heeft geloopen. Dit blijkt ook, als men fig. 10 vergelijkt met § 29 en 30.

Nu gaat men 't zelfde na voor 21 Juni, en bevindt dan, dat de zon moet geloopen hebben langs een cirkel, die $23^1/_2$° ten N. van den hemelequator ligt. Dit is de *Noorderkeerkring* of *Kreeftskeerkring*.

Op 21 Dec. blijkt de zon te hebben geloopen langs den *Zuider-* of *Steenbokskeerkring*.

Den naam keerkring hebben deze cirkels gekregen, omdat de zon terugkeert naar den Equator, nadat ze deze kringen heeft beschreven.

Heeft men geen globe tot zijn beschikking, dan beschouwe men fig. 24, waarin de punten van fig. 22 en 23 zijn weer te vinden.

Verzuim niet, aan den hemel na te gaan, waar *ongeveer* de drie bogen uit fig. 24 gedacht moeten worden (men kan daarbij de hoeken van 41°, $37^1/_2$°, 14° en 61° wel *schatten*).

§ 31. **Nachtbogen van de zon.** Definitie. *De nachtboog van de zon is dat deel van haar dagelijksche schijnbare baan, hetwelk onder den horizon ligt.* (Zie ook bldz. 22).

De nachtbogen van de zon kunnen we niet *waarnemen*. Met behulp van de globe of van fig. 24 kunnen we nagaan, hoe die bogen (voor Amsterdam) moeten zijn.

We zien dan:

De nachtboog vormt met den dagboog altijd een cirkel. (Deze cirkels zijn in de fig. perspectievisch voorgesteld en daardoor als ellipsen geteekend). De nachtbogen zijn dus groot in den winter, klein in den zomer. Dit klopt met de werkelijkheid. De twee culminatiepunten kunnen we in elken boog gemakkelijk vinden. Het blijkt, dat het onderste culminatiepunt onder het Noordpunt ligt. Men spreekt dus van: de *Noorderzon*, en wie met de Noorderzon vertrekt, vertrekt 's nachts, dus ongezien, waarvoor gewoonlijk wel goede redenen zijn.

't Onderste culminatiepunt ligt op 21 Maart $37\frac{1}{2}$° onder het Noordpunt van den horizon; op 21 Juni dus $37\frac{1}{2}° - 23^1/_2° = 14°$ onder dat punt; en op 21 Dec. $37\frac{1}{2}° + 23^1/_2° = 61°$ er onder.

De nachtboog op 21 Dec. is even groot als de dagboog op 21 Juni; de dagboog op 21 Dec. is even groot als de nachtboog op 21 Juni. Op 21 Maart en 23 Sept. zijn dag- en nachtboog even groot. Om deze reden heet de hemelequator ook wel nachteveningslijn, evennachtslijn of evenaar. En Equator beteekent hetzelfde.

§ 32. **Nog iets over de bogen, die de zon schijnt te beschrijven.** Als we nagaan, hoe de schijnbare zonsbogen van twee opvolgende dagen ten opzichte van elkaar liggen, dan weten we: de amplituden verschillen een weinig, de culminatiehoogten verschillen óók een weinig. We zouden dus bijna tot de conclusie komen, dat de twee opvolgende bogen twee cirkels waren, die evenwijdig aan elkaar liepen, met een zeer kleine ruimte er tusschen. Als dit zoo was, dan zou de zon op

zeker oogenblik moeten *verspringen* van den eenen cirkel op den anderen, en dat zou 365 keer per jaar moeten geschieden. Dit is echter nooit waargenomen.

Hieruit begrijpen we, dat de bogen geleidelijk in elkaar moeten overgaan. Den schijnbaren loop van de zon moeten we ons dus voorstellen als de opvolgende windingen van een spiraal. Zoo is het ook inderdaad.

Hieruit volgt:

1°. dat de voorstelling in fig. 24 gegeven, alsof de drie dagbogen, daar geteekend, gesloten cirkels zouden zijn, ietwat onjuist is.

2°. dat het amplitudo 's avonds niet precies even groot kan zijn als 's morgens. Van 21 Maart tot 21 Juni moet de *avondwijdte* iets grooter zijn dan de morgenwijdte van denzelfden dag; van 21 Juni tot 23 Sept. moet de avondwijdte iets kleiner zijn dan de morgenwijdte van denzelfden dag. Van 23 Sept. tot 21 Dec. moet de avondwijdte iets grooter en van 21 Dec. tot 21 Maart iets kleiner zijn dan de morgenwijdte van denzelfden dag.

Echter zijn die verschillen uiterst gering. En de wiskundige aardrijkskunde, zooals men die voor de hoofdacte leert, verwaarloost dan ook die kleine verschillen. We zeggen dus verder dit heele boek door: Gedurende een dag beschrijft de zon een *cirkel* aan den hemel. En daarmee is fig. 24 weer in eere hersteld.

§ 33. **Oriënteering naar den zonnestand.** Op 21 Maart komt de zon te 6 uur op in 't Oosten en culmineert te 12 uur in 't Zuiden. Hieruit wil men allicht de conclusie trekken, dat de zon te 9 uur in 't Z.O. zou staan. Dit is echter onjuist, want ze is daar eerst te 9 u. 39 m. En er bestaat niet alleen een verschil op 21 Maart, maar op bijna alle dagen. Zoo staat de zon op 21 Dec. 's morgens 8$^{u.}$ 38$^{min.}$ reeds in 't Z.O. en op 21 Juni pas 10$^{u.}$ 23$^{min.}$

Men kan dus *niet* met behulp van den tijd van den dag te weten komen, in welke windstreek de zon *precies* staat, en zich dus niet *nauwkeurig* oriënteeren.

De oorzaak hiervan is, dat de verticaalcirkels wèl loodrecht staan op den horizon, doch niet op de zonnebanen. Verticaalcirkels, die op gelijke afstanden van elkaar staan, snijden dus wel gelijke stukken af van den horizon, doch niet van de zonnebanen.

Een ander middel, dat wel toegepast wordt om zich te oriënteeren is dit: Men legt zijn horloge zóó voor zich, dat het een hoek van 37½° maakt met het horizontale vlak, en dat de kleine wijzer naar de zon is gericht. Men deelt den hoek tusschen den kleinen wijzer en 't cijfer XII middendoor. De deellijn wordt dan geacht de Zuidlijn te zijn.

De verklaring is aldus: We kunnen aannemen, dat het horloge concentrisch gelegd is met den hemelequator en dus ook evenwijdig aan

alle zonsbanen. De kleine wijzer loopt nu in 12 uur langs den rand der wijzerplaat en de zon in 24 uur langs haar dagelijksche baan. De kleine wijzer loopt dus tweemaal zoo snel als de zon. We moeten dus den hoek tusschen kleinen wijzer en XII halveeren, om de Zuidlijn te vinden.

Dit middel om de Zuidrichting te vinden zou heel goed zijn (gesteld, dat het gemakkelijk was, het horloge zóó te houden, dat het een hoek van 37½° maakt met het horizontale vlak) *indien* het horloge zonnetijd aanwees. In § 109 zullen we echter zien, dat dit niet het geval is, en dus faalt het middel: 't geeft *onnauwkeurig* de Zuidrichting aan.

HOOFDSTUK II.

De Aarde.

A. VORM DER AARDE.

§ 34. **Bolvorm.** Elk ontwikkeld mensch weet, dat de voorstelling, die we tot nog toe gehuldigd hebben, alsof de aarde een plat vlak zou zijn, onjuist is en verder „weet" men, dat de aarde een *bol* is. De meesten zijn niet tot die wetenschap gekomen door waarneming; in 't algemeen heeft men het slechts van hooren zeggen. Het begrip van den bolvorm der aarde behoort tot het wetenschappelijk *geloof* van de groote menigte van onze dagen. De geleerden echter hebben dien „bolvorm" bewezen.

Voor de volledigheid laten we hier nog volgen de definities van de belangrijke punten en cirkels op aarde:

De *draaiingsas* der aarde is de reeks van punten, die niet deelnemen aan de dagelijksche draaiing der aarde (zie § 66).

De *poolpunten* zijn de twee punten *op het aardoppervlak*, die niet deelnemen aan de dagelijksche draaiing der aarde.

De *aardequator* is de grootcirkel, die 90° van de beide poolpunten verwijderd is. (Andere namen zijn: *evenaar*, *evennachtslijn* en *linie*.) De evenaar verdeelt de aarde in een noordelijk en een zuidelijk halfrond. De pool op het noordelijk halfrond heet de Noordpool).

Meridianen zijn halve cirkels van pool tot pool. (Andere namen zijn: middagcirkels en lengtecirkels.) De meridiaan eener plaats is dus de halve cirkel, gaande over die plaats en de beide polen.

Onder de meridianen is er één, vanwaar uit de telling begint. Die heeft 't cijfer 0 en heet dus de *nulmeridiaan*. (Ook wel eerste meridiaan, doch blijkbaar is de naam nulmeridiaan beter). De meeste

zeevarende naties hebben den meridiaan over de (voormalige) sterrenwacht te Greenwich aangenomen als nulmeridiaan. (De Nederlandsche *kust*kaarten zijn berekend voor den meridiaan van Amsterdam). Het *nulpunt* op den aardequator is het snijpunt van den nulmeridiaan met den aardequator. Het ligt in de Golf van Guinea.

Breedtecirkels (geografische), zijn cirkels evenwijdig aan den aardequator. (Ze worden kleiner in de richting der polen).

De *keerkringen* zijn twee breedtecirkels op 23½° afstand van den aardequator. (De eene heet *Noorderkeerkring* of *Kreeftskeerkring;* de andere heet *Zuiderkeerkring* of *Steenbokskeerkring*).

De *Poolcirkels* zijn twee breedtecirkels op 23½° afstand van de polen der aarde. (Ze heeten Noordpoolcirkel en Zuidpoolcirkel. Blijkbaar liggen ze op 66½° Noorder- en Zuiderbreedte.

Geografische breedte eener plaats is de boog van een plaats naar den aardequator, gemeten langs den lengtecirkel der plaats. Ze is Zuidelijk of Noordelijk.

Geografische breedte kunnen we ook definiëeren als: de hoek, gevormd door de verlengde loodlijn der plaats en haar projectie op het vlak van den aardequator (zie § 39).

Geografische lengte eener plaats is de boog van de plaats naar den nulmeridiaan, gemeten langs den breedtecirkel der plaats.

Geografische lengte eener plaats kunnen we ook definieeren als: de boog van den aardequator, tusschen het snijpunt van den nulmeridiaan met den equator, en het snijpunt van den meridiaan der plaats met den equator

en ook: *Geografische lengte* is de tweevlakshoek, gevormd door den meridiaan der plaats en de nulmeridiaan.

§ 35. Reeds in de Oudheid begon men te vermoeden, dat de aarde een bol moest zijn. Enkele van de feiten, die aanleiding gaven tot dit vermoeden, zijn:

1. Bij maansverduisteringen is de schaduw der aarde altijd cirkelvormig.

2. Bij reizen naar 't Noorden of 't Zuiden verandert de poolshoogte regelmatig. Bij reizen in welke richting ook, verplaatst zich het Toppunt regelmatig tusschen de sterren.

3. Op een zelfden dag 's middags te 12 uur, geven voorwerpen van *gelijke* lengte schaduwen van verschillende lengte, wanneer het eene voorwerp aanmerkelijk veel Noordelijker zich bevindt, dan 't andere.

4. Van een vèr verwijderd schip, dat den aanschouwer nadert, ziet men eerst alleen de toppen der masten, ten slotte pas den romp.

5. Voor de groote menigte was de eerste omzeiling van de aarde (1519—1522, Magelhães, Holl. Magellaan) het meest overtuigende „bewijs" voor den bolvorm der aarde.

Vooral het tweede der genoemde feiten is zeer bewijskrachtig.

§ 36. **Ellipsoidale vorm der aarde.** Huygens en Newton hadden reeds beredeneerd, dat de aarde niet een zuivere bol kon zijn, aangezien ze zich om haar as draait. (Men denke hierbij aan de bekende proef, waarbij men een cirkelvormige stalen ring snel om de loodrechte as laat draaien. Men ziet dan, dat de ring den ellipsvorm aanneemt).

Een *omwentelings-ellipsoide* ontstaat, door een ellips om een harer assen te doen draaien. Indien de omwenteling geschiedt om de korte as, dan ontstaat een omwentelings-ellipsoide, die *sphaeroïde* heet. Zoo is de vorm der aarde, want de poolstraal is korter dan de equatorstraal.

Minder juist zegt men gewoonlijk, dat de aarde een afgeplatte bol is.

§ 37. **Het geoïd of de geoïde.** De moderne wetenschap is er in geslaagd, aan te toonen, dat de werkelijke vorm der aarde afwijkt van den regelmatigen vorm der omwentelings-ellipsoïde. Er zijn lichte verheffingen en lichte inzinkingen (waarmee *niet* bedoeld worden bergen en zeeën). De *ware vorm* van het aardoppervlak is niet die van eenig regelmatig of omwentelingslichaam, en men heeft er dus een *neutralen naam* aan gegeven, nl.: het *geoïd* of de *geoïde*.

Fig. 26. Het ware oppervlak der aarde (de geoïde) is iets anders dan wat men in 't dagelijksch leven het aardoppervlak noemt, en wijkt op sommige plaatsen af van de omwentelings-ellipsoïde.

Stel, dat in fig. 25 AB een deel van de omwentelings-ellipsoïde is, die 't meest met de aarde overeenkomt. C is een berg. DM en EM′ geven aan: de richting naar het middelpunt der aarde. Nu zou men verwachten, dat het schietlood hing in de richting DM. Maar de berg C trekt het schietlood óók aan, en haalt dit dus een weinig uit de richting DM, zooals in de fig. is aangeduid (*sterk* overdreven).

Als horizontaal vlak neemt men nu aan het vlak, dat loodrecht staat op de *werkelijke* richting van het schietlood. Dit horizontale vlak zal zich eenigszins verheffen boven AB.

In E zal het schietlood ook afwijken. Als men nu een voldoend aantal waarnemingen doet, dan zal men kunnen bepalen, tot hoever dit vlak zich buiten den ellipsoïdalen vorm der aarde verheft, en waar het er weer mee samenvalt.

Men beschouwt nu de stippellijn PRSQ als de *ware oppervlakte der aarde* en deze noemt men de geoïde. De geoïde loopt onder bergstreken iets buiten den ellipsoïdalen vorm, in de oceanen iets eronder. Behalve bergen en zeeën hebben nog andere oorzaken, voornl. de verdeeling van de stof in de aarde, invloed op het verloop der geoïde.

In fig. 26 is dus APCQB het aardoppervlak volgens 't gewone spraakgebruik; APQB zou het aardoppervlak zijn, indien de aarde een omwentelingsellipsoïde was; APRSQB is de ware aardoppervlakte of geoïde in de geodetische beteekenis.

De grootste bekende afwijking van het schietlood wordt veroorzaakt door den reusachtigen vulkaan de Mauna Loa, welke met nog enkele andere Hawaii vormt, en zich meer dan 8000 Meter boven den bodem van den oceaan verheft. De afwijking is daar 97 seconden.

§ 38. **Gevolgen van den bolvorm.** Hoewel nu de aarde niet een zuivere bol is, zoo is de afplatting toch zeer gering. We kunnen dus eerst aannemen dat de aarde wel een bol is, en zien, welke gevolgen dit heeft, om dan daarna te zien, welke gevolgen de ellipsoïdale vorm heeft. De kleine verschillen met den ellipsoïdalen vorm, verwaarloozen we op onze trap van kennis.

De gevolgen van den bolvorm zijn:

1°. *Richting der loodlijnen.* Alle loodlijnen zijn naar 't middelpunt der aarde gericht en ze verschillen dus alle van richting. Loodrecht is dus slechts een *betrekkelijk* begrip.

Practisch kunnen echter twee menschen, die dicht bij elkaar staan, aannemen, dat hun loodlijnen evenwijdig loopen, gelijk we dan ook in 't dagelijksch leven doen.

2°. *Richting der horizontale vlakken.* De loodlijnen staan loodrecht op de horizontale vlakken. Deze moeten dus op verschillende punten op aarde in richting verschillen.

Ga punt 1 en 2 na op de globe.

3°. *Richting der Noord-Zuidlijnen* (= lengtecirkels, meridianen.) Alle meridianen zijn naar de beide polen gericht. Ze komen in deze twee punten samen en hebben dus alle verschillende richtingen. Noord, Zuid, etc. zijn dus slechts *betrekkelijke* richtingen, geen absolute. (Zie voor de ingrijpende beteekenis hiervan § 69).

N.B. Aan de Noordpool zijn alle richtingen: Zuid. En aan de Zuidpool?

4°. De Breedtecirkels (parallellen) worden van den evenaar naar de polen, steeds kleiner.

5°. Tengevolge van den bolvorm der aarde en in verband met den stand der aardas, is het aan den evenaar warm, aan de polen koud. Dit punt wordt nader behandeld in § 96.

6—10. Verder zijn bijna alle z.g. bewijzen van den bolvorm, vermeld in § 35, gevolgen van den bolvorm.

§ 39. **Gevolgen van de afplatting der aarde.** 1. De breedtecirkels zijn inderdaad *cirkels*. De lengtecirkels echter zijn *ellipsen*.

2. Nu hebben cirkels wèl even groote graden, maar ellipsen niet. De graden van de lengtecirkels zijn bij den evenaar *kleiner* dan bij de polen. (Juist andersom als menigeen denken zou!)

Men beschouwe hiervoor onderstaande figuur.

Volgens wiskundige regelen zijn in den ellips raakcirkels getrokken in de punten A en B. Deze cirkels vallen nabij de raakpunten zóó nauwkeurig samen met den ellips, dat men bij A één graad van den cirkel, die C tot middelpunt heeft, gelijk mag stellen met een graad van den ellips bij A. Zoo is een graad van den ellips bij B gelijk aan een graad van den cirkel, die D tot middelpunt heeft. Er blijkt dus, dat de graden van den ellips bij A het kleinst zijn, bij B het grootst.

Fig. 27. De graden van een lengte„cirkel" zijn bij den evenaar kleiner dan bij de polen. (De ellips is veel smaller genomen dan de lengte„cirkels" op aarde zijn, om de teekening beter te doen spreken). F en F′ zijn de brandpunten.

Als nu de ellips een lengtecirkel voorstelt, dan is A een punt aan den evenaar en B is de Noordpool.

3. Een ander gevolg van de afplatting leert ons de beschouwing van fig. 27 óók nog.

Als we op eenig punt der aarde een loodlijn oprichten, dan zal die in 't algemeen *niet* gericht zijn naar het middelpunt der aarde. Dit is alleen wèl 't geval in de twee poolpunten en in alle punten op den evenaar. Men noemt nu *geographische breedte* den hoek, dien de loodlijn-in-'t gegeven-punt, maakt men haar projectie op het vlak van den evenaar en *geocentrische breedte* den hoek, dien de straal-der-aarde-in-'t gegeven-punt, maakt met haar projectie op het vlak van den evenaar. Dit verschil heeft in het practische leven geen beteekenis. In de astromie alleen, wanneer men richtingen bepaalt tusschen punten op de maan en op de aarde. Meet met richtingen naar de zon en de planeten, dan beschouwt men de aarde als een *bol;* en meet men richtingen naar de sterren, dan beschouwt men de aarde als een *punt*, wegens den grooten afstand der sterren.

§ 40. **Hoe bepaalt men het bedrag der afplatting van de aarde?**

Op twee manieren: door graadmetingen en door slingerwaarnemingen.

1. *Graadmetingen.*

We weten nu, dat de graden van een lengte„cirkel" niet even groot kunnen zijn. Als het dus gelukt, de lengte van een meridiaanboog te

meten *a)* dicht bij den evenaar en *b)* dicht bij een der polen, dan moet de laatste boog bij een zelfde aantal graden, langer zijn dan de eerste.

Het *aantal graden* van den gemeten boog bepaalt men astronomisch: men bepaalt de ligging der toppunten aan den hemel.

De *lengte* van den gemeten boog bepaalt men door driehoeksmeting. Men kan dan ook *berekenen* het *bedrag* der afplatting. Hierop berust het principe der moderne graadmetingen, waardoor de vorm der aarde voornamelijk bepaald is.

Zoo'n graadmeting is echter uiterst moeilijk. De eerste graadmeting gaf dan ook een verkeerde uitkomst (de afplatting zou aan den Evenaar zijn.) De oorzaak daarvan was, dat men toen nog niet kende het verschil tusschen geografische en geocentrische breedte. Later hebben verschillende landen graadmetingen doen uitvoeren en verschillende geleerden hebben uit de resultaten dier graadmetingen de afmetingen der aarde berekend. De getallen door den duitschen geleerde *Bessel* gevonden, en die van den Engelschman Clarke zijn de meest gebruikte. De nieuwste en nauwkeurigste getallen zijn van Hayford-Helmert. Om duidelijk te maken om welke kleine bedragen het bij die verbeteringen gaat, vermelden we, dat het grootste verschil in lengte van een meridiaangraad in de opgaven van Bessel en van Hayford-Helmert, slechts 20 Meter bedraagt!

De eerste graadmeting *met behulp van een driehoeksnet* is uitgevoerd door Snellius. De meest bekende graadmeting is die van de Fransche geleerden Méchain en Delambre, zich uitstrekkende van Duinkerken tot Barcelona, (zie § 45).

Nog steeds gaat men door met graadmetingen, zelfs is daarvoor een internationale organisatie getroffen. Aanvankelijk mat men alleen meridiaanbogen, en bepaalde dan 't begin- en eindpunt astronomisch (zie § 74). Na de invoering der telegrafie heeft men ook bogen van breedtecirkels gemeten, en bepaalt dan het lengteverschil telegrafisch (zie § 74).

2. *Slingerwaarnemingen.*

Een zelfde slinger slingert langzamer aan den equator dan aan de polen. Hieruit blijkt, dat de zwaartekracht aan den equator geringer is dan aan de polen. Men heeft hierin een middel om de verhouding van de zwaartekracht op verschillende punten van het aardoppervlak met elkaar te vergelijken en kan daaruit de verhoudingen der aardstralen in die punten berekenen.

Bij deze berekening moet o. a. rekening gehouden worden met de middelpuntvliedende kracht, die een deel van de aantrekkingskracht der aarde opheft.

B. GROOTTE DER AARDE.

§ 41. **Getallen.** De bepaling van den vorm en van de grootte der aarde gaan hand in hand. De geleerden zijn erin geslaagd, met telkens grooter mate van nauwkeurigheid, de afmetingen der aarde te bepalen.

In geografische, astronomische en geodetische boeken vindt men veelal de waarden, berekend door Bessel, een beroemd Duitsch astronoom.

Waarden volgens Bessel (afgerond tot op eenheden):

Straal v. d. Equator	6377 KM.
Halve as der aarde	6356 „
Verschil	21 KM.

Afplatting: $\frac{1}{299}$.

Lengte van den Evenaar 40,070 KM.
Lengte van een Meridiaanellips 40,003 KM.
Lengte van één graad van den Evenaar 111,307 KM.
„ „ den grootsten meridiaangraad (van 89°—90°) 111.680 KM.
„ „ „ kleinsten „ 110,564 KM.
Verschil tusschen kleinsten en grootsten meridiaangraad 1116 M. = ruim 1 KM.
Oppervlakte der aarde 509,950,714 KM^2.
Inhoud „ „ 1,082,841,300,000 KM^3.

De straal der aarde wordt door andere geleerden anders opgegeven, bv.:

Delambre	1800	6375	KM.
Clarke	1866	6378,206	„
Fischer	1868	6378,338	„
Harkness	1891	6377,972	„
Hayford	1909	6378,388	„
Helmert	1912	6378,192	„

De onzekerheid in de waarde van de halve as der aarde bedraagt nu niet meer dan 150 Meter!

§ 42. **De aarde toch als bol gerekend.** Voor practisch-geografische doeleinden en voor practische kartografie kan men rekenen, dat de aarde een zuivere bol is. Men moet dan echter een bol kiezen, waarvan de inhoud ongeveer gelijk is aan dien der aarde. De straal van dien bol noemt men de gemiddelde aardstraal. Deze is 6370 KM.

Passen we nu de formules van § 9 toe, dan vinden we:

De *omtrek* der aarde is $2\pi R = 2 \times \frac{22}{7} \times 6370$ KM. = 40.040 KM. = *ruim 40 000 KM.*

Het *oppervlak* der aarde is $4\pi R^2 = 4 \times \frac{22}{7} \times 6370 \times 6370$ KM^2 = 510.109.600 KM^2 = *ruim 510 millioen* KM^2.

De *inhoud* der aarde is $\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times 6370 \times 6370 \times 6370$ KM^3 = 1.083.132.717.333 KM^3 = *ruim 1 billioen* KM^3.

Het blijkt, dat de zoo berekende waarden betrekkelijk weinig afwijken van de waarden van Bessel.

§ 43. **Hoe groot 1 KM^3 is.** Een KM^3 is een kubus met een ribbe van 1 KM. Dat lijkt niet zoo heel veel. We willen echter eens een berekening maken, om aan te toonen, hoe *buitengewoon groot* 1 KM^3 is.

Nemen we aan, dat alle menschen, kinderen zoowel als volwassenen,

2 M. lang, $\frac{1}{2}$ M. breed en $\frac{1}{4}$ M. dik waren, dan zou 1 KM^3 500 $\times$ 2000 $\times$ 4000 $=$ 4000 millioen van die reuzen kunnen bergen. Op de heele aarde zijn slechts een kleine 1600 millioen menschen. Het heele menschdom neemt dus in de verste verte niet een halven KM^3 in!

Als we daartegenover nu stellen den inhoud van de aarde, die ruim 10.000.000.000.000 KM^3 is, dan blijkt, hoe klein de mensch is tegenover de aarde.

Indien het er dan ook op aankomt, een deel van de massa der aarde te verplaatsen, door vergraving bv., dan blijkt de geringe kracht van de mensch. Een lage heuvel, 154 M. hoog, de Culebraheuvel, is de groote hinderpaal geweest, waarop twee plannen om de landengte van Panama door te graven, gestrand zijn, en heeft de Amerikaansche Regeering gedwongen, van het Panama-kanaal een sluizenkanaal te maken.

Des te meer pleit het voor den mensch, dat deze door de kracht van zijn geest die aarde heeft weten te meten en heeft overspannen met spoor-, stoomvaart- en telegraaflijnen.

§ 44. **Aardgloben.** Aan aardgloben geeft men een zuiver bolronden vorm. Stel, dat de omtrek van een globe 1 M. is, dan is de straal 1 M.: $6\frac{2}{7} = \pm$ 16 cM. De hoogste berg zou op deze globe moeten voorgesteld worden door een hoogte van 8000 M.: 40.000.000 $= \pm \frac{1}{5}$ mM., en het diepste punt in den oceaan zou ongeveer ook $\frac{1}{5}$ mM. zijn.

Een gladde, bolvormige globe is dus een betere afbeelding van de aarde, dan een reliefglobe.

§ 45. **Maten, al of niet ontleend aan de aarde.**

Maten, ontleend aan de aarde. 1. *De Meter.* De Fransche graadmeting van Méchain en Delambre (zie § 40) gaf als berekende lengte voor een quadrant ($= 90°$) van den meridiaan 5.130.740 Toisen. Deze lengte deelde men in 10 millioen gelijke deelen en noemde de zoo gevonden lengte: Meter. Men verkeerde in de waan, hiermede een maat bepaald te hebben, aan de natuur ontleend, en welke altijd opnieuw door een meting der aarde zou kunnen worden bepaald, indien de oorspronkelijke meter verloren mocht gaan.

Bij de wet van 22 Juni 1799 was de lengte van den Meter vastgesteld, en reeds in 1810 vond Delambre door correcties in de berekeningen, dat de Meter feitelijk iets langer moest zijn. Volgende graadmetingen hebben telkens weer aangetoond, dat de Meter stellig niet precies $\frac{1}{40.000.000}$ van den aardomtrek is (Zie § 41).

Niettemin behoudt men de eenmaal aangenomen lengte als standaardmaat, en steeds meer landen gaan er zich van bedienen, omdat het metrieke stelsel, door zijn tiendeelige indeeling, zoo gemakkelijk in 't gebruik is.

2. *Andere maten*, ontleend aan de aarde.

Eén graad van den evenaar, één graad van een meridiaan, in 't algemeen één graad van een grootcirkel, kan gerekend worden op 111 KM.

Het 15de deel daarvan is een *Duitsche* of *Geographische Mijl,* en wordt gerekend op 7.4 KM.

Het 20ste deel heet *een uur gaans.* Dit is dus ruim 5 K.M. In werkelijkheid is een uur gaans voor verschillende personen heel verschillend. Het begrip „uren gaans" wordt dan ook niet veel meer gebruikt.

Het 60ste deel van een graad van een grootcirkel, dus een minuut, is dus het vierde deel van een Geogr. Mijl; dit heet een *Zeemijl* of Engelsche Mijl en telt 1852 Meter.

Het tiende deel hiervan heet *kabellengte,* = 185 M.; het honderdste deel daarvan is een *vadem* = 1.80 M.

Een „knoop" is 7¼ M.

De vaart van een schip werd sinds de 16de Eeuw, en wordt nog wel, gemeten met een *log:* Een driehoekig plankje is met lood bezwaard. Met drie touwtjes aan de drie hoekpunten is het bevestigd aan een lijn, waarin knoopen zijn gemaakt op 7½ M. afstand. De drie touwtjes zijn zóó bevestigd, dat twee ervan loslaten, als men een flinken ruk aan de lijn geeft.

Terwijl het schip vaart, werpt men het logplankje overboord. Dit gaat, door het lood, loodrecht staan, en sleept daardoor niet zoo heel veel met het schip mee, terwijl de lijn gevierd wordt.

Men neemt nu waar, hoeveel knoopen door de hand loopen tijdens een logtijd, welke wordt aangewezen door een zandlooper, logglas geheeten die in ¼ minuut leegloopt. Stel nu, dat er één knoop door de hand is geloopen, dan heeft het schip in ¼ minuut 7½ M. afgelegd; per minuut dus 30 M. en per uur 1800 M. of een zeemijl, als men de ontbrekende 52 M. erbij telt voor het onvermijdelijke versleepen van het logplankje. Zooveel knoopen door de hand gaan in een logtijd, zooveel zeemijlen loopt het schip dus per uur.

Tegenwoordig gebruikt men meestal een andere log: Een as draagt eenige vinnen, die samen in een schroefvlak liggen. De log wordt naast het schip meegesleept en draait nu voortdurend rond. Deze wenteling wordt overgebracht op een raderwerk, dat het aantal Meters van de snelheid van het schip aangeeft. Toch wordt de snelheid van een schip nog altijd in knoopen aangegeven: een schip, dat 12 knoopen loopt, legt 12 zeemijlen per uur af. Ook berekent men de snelheid door de „spoed" van de schroef te vermenigvuldigen met het aantal omwentelingen der machine.

Onze groote zeestoomers leggen van 12 tot 20 knoopen af. Oorlogsschepen varen nog sneller.

3. *Maten, niet ontleent aan de aarde.*

De Engelsche (*wedstrijd*) mijl is 1609 M. Een yard is 0.9144 M. Een werst (Russische maat) is iets meer dan een KM. (nl. 1.06678 KM.). Een

toise, de maat, waarin Méchain en Delambre de lengte van een kwadrant bepaalden, bleek gelijk te zijn aan 1.94904 Meter.

§ 46. **Tabel der graadlengten.** De graden van alle groote cirkels zijn 111 KM. (zie § 45). De graden der breedtecirkels worden kleiner naar de polen, maar niet in een rekenkundige reeks. We geven hierbij een tabel der afnemende parallelgraden (naar Bessel) voor 't geval iemand er zich van zou willen bedienen bij 't bepalen van afstanden op globe of kaart.

Tabel der afnemende parallelgraden (naar Bessel).

0°	**111.3** KM.	23°	102.5 KM.	46°	77.5 KM.	69°	40 — KM.
1°	111.29 „	24°	101.7 „	47°	76.— „	**70°**	**38.2** „
2°	111.24 „	25°	100.9 „	48°	74.6 „	71°	36.3 „
3°	111.16 „	26°	100.1 „	49°	73.2 „	72°	34.5 „
4°	111.04 „	27°	99.2 „	**50°**	**71.7** „	73°	32.6 „
5°	110.89 „	28°	98.4 „	51°	70.2 „	74°	30.8 „
6°	110.7 „	29°	97.4 „	52°	68.7 „	75°	28.9 „
7°	110.48 „	**30°**	**96.5** „	53°	67.1 „	76°	27.— „
8°	110.2 „	31°	95.5 „	54°	65.6 „	77°	25.1 „
9°	109.9 „	32°	94.5 „	55°	64.— „	78°	23 2 „
10°	**109.6** „	33°	93.4 „	56°	62.4 „	79°	21.3 „
11°	109.3 „	34°	92.4 „	57°	60.8 „	**80°**	**19.4** „
12°	108.9 „	35°	91.3 „	58°	59.1 „	81°	17.5 „
13°	108.5 „	36°	90.2 „	59°	57.5 „	82°	15.5 „
14°	108.— „	37°	89.— „	**60°**	**55.8** „	83°	13 6 „
15°	107.5 „	38°	87.8 „	61°	54.1 „	84°	11.7 „
16°	107.— „	39°	86.6 „	62°	52.4 „	85°	9.7 „
17°	106.5 „	**40°**	**85.4** „	63°	50.7 „	86°	7.8 „
18°	105.9 „	41°	84.1 „	64°	48.9 „	87°	5.8 „
19°	105.3 „	42°	82.8 „	65°	47.2 „	88°	3.9 „
20°	**104.6** „	43°	81.5 „	66°	45 4 „	89°	1.9 „
21°	103.9 „	44°	80.2 „	67°	43.6 „	**90°**	**0** „
22°	103.3 „	45°	78.8 „	68°	41.8 „		

Opgaven. Bereken met behulp van deze tabel de volgende afstanden:

1. Hoe breed is Afrika onder den Evenaar? Hoe breed is Borneo onder den Evenaar? Hoever strekt Ned.-Indië zich langs den Evenaar uit?
2. Afstand van Greenwich naar Timboctoe; van de Noordkaap tot Kaap Matapan; van Kaap Tsjeljoeskin tot Kaap Roemenia (zuidp. van Malakka); van Amsterdam naar de Noordpool en naar de Zuidpool.
3. Van Christiania naar St. Petersburg; van Lissabon naar Konstantinopol.

§ 47. **Meten op de aardglobe.** Wanneer men een touwtje strak legt over twee plaatsen op de aardglobe, dan stelt dat touwtje een deel van een grootcirkel voor. Past men nu den afstand tusschen de twee plaatsen, zooals we die met het touwtje hebben gevonden, af langs den evenaar, (die immers óók een grootcirkel is) dan kan men het aantal

graden aflezen. Dit vermenigvuldigt men met 111 KM., of met 15 GM. of met 60 zeemijl, of met 20 „uren gaans" en men weet den afstand tusschen de twee plaatsen.

Bij grootere globen is een quadrant, verdeeld in graden (van een grootcirkel). Hierop kan men dus direct het aantal graden aflezen.

Opgaven. 1. Meet den afstand van Amsterdam naar Kairo; 2. naar Batavia; 3. naar New-York; 4. van Londen naar Kaapstad; 5. van Kaap de Goede Hoop naar Kaap Hoorn; 6. van Sabang naar Merauke.

§ 48. **Loop van enkele belangrijke cirkels over de aarde.** Ga na, en *onthoud*, hoe de volgende cirkels over de aarde loopen. Kies alleen *groote* plaatsen, groote meren, groote rivieren om den loop der cirkels aan te geven, en vergeet niet, de oceanen te vermelden.

1. De Evenaar. 2. De Noorder-Keerkring. 3. De Zuider-keerkring. 4. De Noordpoolcirkel. 5. De Zuidpoolcirkel. 6. De 40ste breedtecirkel Noorderbreedte. 7. dito Zuiderbreedte.

8. De Nulmeridiaan. 9. De 180ste meridiaan.

In Ned. Oost-Indië ga men in 't bijzonder nog na: De Evenaar, 100° O.L., 141° OL., 10° ZB., 10° NB.

Men leere dit niet alles ineens, doch bij gedeelten.

§ 49. **Hoe het graadnet op kaarten wordt voorgesteld. Enkele practische opmerkingen.** Een bol kan op een plat vlak *niet* zóó worden afgebeeld, dat de afstanden en de richtingen juist zijn. *Alle* kaarten geven dus min of meer verwrongen beelden van het aardoppervlak. De globe alleen geeft een juiste voorstelling van de aarde.

Bij het gebruik van kaarten, vooral voor grootere gedeelten der aarde, houde men 't volgende in 't oog:

Richtingen. 1. De meridianen geven altijd de Noord-Zuidrichting aan. Men bekijke voor curieuze gevallen: de kaart van Azië, vooral aan de Oost- en de Westzijde; ook de poolkaarten.

2. De breedtecirkels geven altijd de richting aan, die wij in 't dagelijksch leven Oost-West noemen. Zie voor curieuse gevallen: de poolkaarten, de kaart van Noord-Amerika (in 't Noorden).

Doordien de breedtecirkels veelal met een boog loopen, vergist men zich licht: de Zuidpunt van de Kaspische Zee ligt even zuidelijk als Tunis; de Zuidpunt van IJsland ligt op dezelfde breedte als Drontheim; Peking op dezelfde breedte als Napels en New-York.

Afstanden. De afstanden lijken nu eens grooter dan weer kleiner dan ze inderdaad zijn. Het meest misleidend in dit opzicht is de z.g. Mercator's projectie. Daar zijn alle *breedtecirkels* even groot geteekend. Op 60° breedte is de kaart dus 2 × zoo breed als ze moest zijn, en op 80° zelfs 6 × zoo breed.

Bovendien worden op deze projectie de *lengtegraden* grooter geteekend, naarmate ze verder van den evenaar af liggen, en wel evenredig met de vergrooting der breedtecirkels: op 60° zijn dus de lengtegraden

2 × zoo groot geteekend als op 0°; en op 80° zelfs 6 × zoo groot. In den tijd der Republiek werd deze projectie dan ook genoemd: de wassende-breedten-kaart. Zie op de staande randen van een kaart in Mercator's projectie 't verschil in afstand tusschen 0° en 20° breedte, tusschen 20° en 40°; tusschen 40° en 60°; tusschen 60° en 80°.

De *oppervlakten* der landen zijn hierdoor op 60° wel 2 × 2 = 4 × te groot en op 80° zelfs 6 × 6 = 36 × te groot geteekend. Vandaar dat Siberië en Groenland op deze kaarten veel te groot lijken, en Ned. Oost-Indië veel te klein. Men vergelijke op een kaart in Mercator's projectie IJsland, dat 3 × Nederland is, met Java, dat een oppervlak heeft van 5 × Nederland.

De *schaal* aangegeven op kaarten van groote deelen der wereld is in sommige gevallen slechts voor enkele lijnen op de kaart zuiver. Zoo is bv. de schaal van Mercator's projectie alleen maar zuiver voor den evenaar.

Veelal meet men vlugger en zuiverder op kaarten met behulp van de tabel op bldz. 39, dan met de schaal, die erop is aangegeven.

§ 50. **Kaartprojecties.** De aarde is een bol en kan dus alleen op een globe nauwkeurig worden afgebeeld. Een bol kan nooit in alle opzichten nauwkeurig worden afgebeeld op een plat vlak. Al onze kaarten zijn dus in een of meer opzichten onjuist, 't zij dat de fout schuilt in de *hoeken*, die de lijnen van 't kaartnet met elkaar maken, 't zij in de *afstanden* der plaatsen, hetzij in de grootte der *oppervlakken*. Bij de keuze van een kaartprojectie dient men dus in de eerste plaats na te gaan, welke projectie het best past bij het beoogde doel.

Een kaart is een afbeelding van een grooter of kleiner deel der aardoppervlakte op een plat vlak.

Het kaartnet is het stelsel van meridianen en parallellen, zooals dat op de kaart voorkomt.

Cylinderprojecties. 1. Om nu een kaartnet te verkrijgen, kan men zich voorstellen, dat de aarde omhuld wordt door een cylinder, die de aarde raakt in den evenaar. Die raaklijn stelt dus op de kaart den evenaar voor. Deze deelen we in gelijke deelen en trekken door de deelpunten evenwijdige lijnen, die de meridianen voorstellen.

We kunnen ons nu verder voorstellen, dat de vlakken der breedtecirkels worden doorgetrokken tot aan den omhullenden cylinder. Deze vlakken zullen dan den cylinder snijden volgens evenwijdige cirkels; en deze cirkels zullen naar de polen toe steeds dichter bij elkaar komen te liggen.

Ontwikkelt men nu den omhullenden cylinder, dan worden de breedtecirkels rechte lijnen, die de meridianen loodrecht snijden.

De hier beschreven cylinderprojectie is wel de eenvoudigste, doch wordt zelden gebruikt.

2. Soms trekt men de breedtecirkels op *gelijke* afstanden, gelijk aan het overeenkomstige aantal graden van den evenaar.

3. Mercator's projectie.

Wanneer men de meridianen voorstelt door evenwijdige lijnen, dan worden de graden der parallellen alleen op den evenaar in haar ware grootte voorgesteld. Naar de polen toe wordt ze in steeds sterker mate te groot voorgesteld. Uit de tabel op bldz. 39 blijkt dat de graden op 60° breedte al reeds 2 × te groot zijn voorgesteld op zoo'n kaart. Daardoor worden de deelen der kaart als 't ware in de breedte uitgerekt, en dit wordt naar de polen toe hoe langer hoe sterker.

Om nu deze fout in de voorstelling van de deelen der aarde te herstellen, vergroot Mercator de graden der meridianen in dezelfde verhouding als de parallelgraden zijn vergroot. Zeer kleine deelen van de kaart zijn dan gelijkvormig met de overeenkomstige deelen der aardoppervlakte, maar ze zijn blijkbaar op grooter schaal geteekend, dan Zuidelijker gelegen deelen. Op 60° breedte zijn de oppervlakken al 4 × te groot.

Men noemt deze kaart hierom de *wassende* kaart. Het voordeel er van is, dat de loxodromen er op als rechte lijnen worden getrokken. Voor den zeeman is dit een onschatbaar voordeel. Daarom zijn zeekaarten meestal wassende kaarten.

Kegelprojecties.

1. Men kan zich het oppervlak der aarde ook geprojecteerd denken op een kegelmantel. De kegelas laat men dan — *in het eenvoudigste geval* — samenvallen met de as der aarde. De kegel raakt dan de aarde aan den een of anderen parallel. Die lijn wordt dus in ware verhouding voorgesteld op de kaart. De meridianen zullen op den kegelmantel geprojecteerd worden als rechte lijnen. die elkaar ontmoeten in den top van den kegel.

Ontwikkelt men den kegelmantel, dan verkrijgt men een kaartnet, bestaande uit convergeerende rechte lijnen, die de meridianen voorstellen, en concentrische cirkelbogen, die de breedtecirkels voorstellen.

2. Men kan ook den kegel zich zóó geplaatst denken, dat de kegelmantel het aardoppervlak *snijdt* langs twee parallellen. Dan zijn er dus op de kaart twee parallellen, die in de juiste verhouding zijn voorgesteld.

3 Hoe verder men den top van den kegel verwijderd denkt van de pool der aarde, des te meer zal de cirkel, waarin kegelmantel en aarde elkaar raken, den equator naderen, en des te minder zullen de rechte lijnen die de meridianen voorstellen, convergeeren.

Als we nu den top van den kegel oneindig ver denken, dan is de kegelprojectie overgegaan in een cylinderprojectie.

Azimutale projecties.

Bij deze wordt het beeld van een deel der aarde voorgesteld op een horizontaal vlak, dat de aarde in een of ander punt raakt. Dit vlak kan dus de horizon van dat punt genoemd worden. De punten op deze projectie hebben de kaart hetzelfde azimut als op aarde. Daarom heet ze: azimutale projectie.

Het eenvoudigste geval van een azimutale projectie verkrijgen we, als we als raakpunt van het horizontale vlak een der poolpunten nemen. De lengtecirkels worden dan rechte lijnen, die in de pool samenkomen. De breedtecirkels worden voorgesteld als cirkels met de pool als middelpunt. Men kan deze cirkels op verschillende afstanden teekenen. Gewoonlijk teekent men ze op gelijke afstanden.

De poolkaarten zijn meestal in deze projectie geteekend.

Slotopmerking.

Het hier gegeven overzicht geeft eenig inzicht in de manier, waarop de hoofdgroepen der projecties ontworpen zijn.

In atlassen vindt men echter velerlei projecties gebezigd, die afwijken van de hier besprokene

In Mercator's projectie zijn geteekend o.a. enkele wereldkaarten, de isothermen en de isobarenkaarten.

In een azimutale projectie: de poolkaarten.

In kegelprojectie: vaak de kaart van Europa.

HOOFDSTUK III.

De Aarde en het Hemelgewelf.

§ 51. **De plaats van de aarde in 't heelal. Tweede voorstelling van het heelal (de geocentrische).**

Nu we weten, dat de aarde een bol is, kunnen we niet meer vasthouden aan onze eerste voorstelling van het heelal: de aanschouwer kan blijkbaar niet het middelpunt ervan zijn.

In de plaats daarvan stellen we nu de *aarde* in 't midden van 't hemelgewelf.

In fig. 28 is M het middelpunt der aarde en tevens van het hemelgewelf. Deze voorstelling noemt men de *geocentrische* voorstelling van 't heelal (gea = aarde).

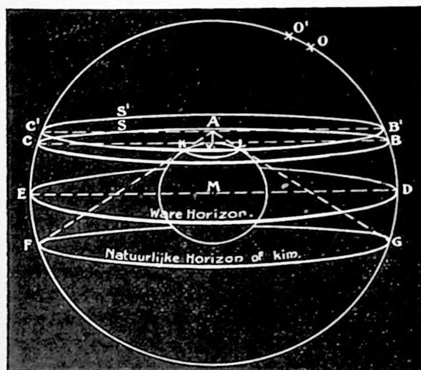


Fig. 28. Cirkel C'B'S en CBS: Schijnbare horizon.
" KL en FG : Natuurl. horizon of kim.
" DE : Ware horizon.
AV = ± 1800 K.M.; de aarde is veel te groot geteekend; de afstand tusschen CBS en C'B'S' is veel te groot; de hoek B'AG is veel te groot.

De fig. is in één opzicht zeer misleidend: de aarde is veel te groot geteekend. Feitelijk moest ze slechts een stipje zijn.

Als we nu voortaan de globe als hemelglobe gebruiken, dan moeten we ons dus de aarde in 't middelpunt der globe denken. Hoe we ons standpunt moeten denken, zal nader blijken (§ 54 en 57).

We moeten nu onze voorstelling van den horizon verbeteren en uitbreiden.

Het schietlood geeft de loodrechte richting aan. Elk vlak, loodrecht op de loodlijn eener plaats op aarde, is een horizontaal vlak.

De *ware horizon* eener plaats is het *vlak, dat loodrecht staat op de verticaal* (loodlijn, normaal) *der plaats en door 't middelpunt der aarde gaat.*

We kunnen ook de definitie van bldz. 12 gebruiken. Die zegt hetzelfde, doch met andere woorden.

Ook kunnen we zeggen: De ware horizon van een plaats op aarde is het (voor die plaats) horizontale vlak, dat door 't middelpunt der aarde gaat.

Een horizontaal vlak, door ons voetpunt gedacht, cirkel CBS ('t middelpunt is V), noemt men den *schijnbaren horizon.* Wanneer we in ons voetpunt een bakje kwik neerzetten, dan is het horizontale oppervlak daarvan, naar alle zijden uitgebreid gedacht, hetzelfde als dat van den schijnbaren horizon. Ook een vlak, iets hooger liggende, b.v. door het oog gedacht, en evenwijdig aan CBS, b.v. C'B'S' ('t middelpunt is A), kunnen we als schijnbaren horizon gebruiken: 't kleine afstandsverschil heeft geen invloed.

Het vlak van den waren horizon en dat van den schijnbaren horizon zijn een aardstraal van elkaar verwijderd, zooals uit de fig. blijkt. De aarde is in 't heelal echter slechts een stipje. Daarom kan men in bijna alle gevallen rekenen, dat het vlak van den waren horizon en van den schijnbaren samenvallen.

De teekening brengt ons op een dwaalspoor, doordien de aarde daar oneindig vele malen te groot is geteekend. De schijnbare horizon op onze teekening lijkt het hemelgewelf in twee zeer ongelijke helften te verdeelen. De waarneming leert echter anders: Als we in A eerst langs de lijn AC, daarna langs de lijn AB kijken, en we bepalen de plaats aan den hemel van C en B, *dan blijken die punten 180° van elkaar verwijderd te zijn,* en BC is dus een middellijn van 't hemelgewelf, die samenvalt met DE. Coppernicus heeft in zijn beroemd boek: „Over de cirkelvormige bewegingen der hemellichamen", dit feit aangehaald, om te bewijzen, dat de aarde tegenover 't hemelgewelf oneindig klein moet zijn.

De ware kim is de doorsnede van het hemelgewelf met het kegelvlak, dat de aarde raakt, en dat tot top heeft het oog van den waarnemer.

In fig. 28 is AKF een raaklijn aan de aarde, doorgetrokken tot aan

het hemelgewelf. ALG eveneens. Wanneer men nu de raaklijn AKF een cirkel laat beschrijven, dan zal deze een kegelmantel vormen, die het hemelgewelf snijdt in den cirkel FG, die de *ware kim is.*

Indien er nu geen dampkring was, dan zou de cirkel KL de grens zijn van het zichtbare gedeelte der aardoppervlakte. Heel vaak wordt de straalbreking niet in aanmerking genomen en dan noemt men KL de kim op aarde.

In werkelijkheid is het echter anders: Door de straalbreking ligt de kim, *die wij zien,* dat is dus op zee de grens tusschen lucht en water, *hooger* dan de ware kim. Men noemt dezen cirkel, *dien we zien,* de *schijnbare kim.*

Het eigenaardige hierbij is, dat men op aarde nog punten ziet, die *verder* van ons afliggen dan de cirkel KL. Door de straalbreking worden die echter schijnbaar opgeheven, evenals we dat kunnen waarnemen met een muntstuk in een bak, waarin voorzichtig water wordt geschonken. Evenzoo *zien* we de zon reeds als ze nog even beneden de *ware* kim is, 't zij vóór de opkomst of nà den ondergang. De *verklaring* van dit verschijnsel behoort thuis in de natuurkunde. Men vrage dus den natuurkunde-leeraar daarnaar.

Een ster komt op, als ze verschijnt aan de schijnbare kim. De zon komt op, als haar bovenrand de schijnbare kim raakt.

De natuurlijke horizon ligt lager dan de ware horizon. Het verschil, boog EA, heet *kimduiking.*

't Zal duidelijk zijn, dat de kimduiking grooter wordt, naarmate men zich hooger boven 't oppervlak der aarde bevindt.

Is men op 2 M. hoogte, dan bedraagt de kimduiking 2'31"; op 5 M. hoogte is ze 4'; op 10 M. hoogte is ze 5'39" enz. Het punt A is ruim 1800 KM. boven het oppervlak der aarde. (De hoogste berg is nog geen 9 KM.!) Vandaar dat in de figuur de kimduiking zoo buitengewoon groot is.

§ 52. **Bepaling van de hoogte eener ster.** Uit het voorgaande blijkt, dat we nu ook nader moeten bepalen, welken der drie horizons we bedoelen, als we zeggen, dat de hoogte eener ster de boog van den verticaalcirkel is tusschen de ster en den horizon.

De astronomen nu bepalen de hoogte eener ster boven den *waren horizon.*

Wanneer men de hoogte eener ster meet, *moet* men echter wel meten van den natuurlijken horizon af, want dien zien we, de andere twee niet. We vinden dus als hoogte van ster O' den boog GO' (fig. 28). 't Blijkt dat we de kimduiking, boog B'G = ∠ B'AG, moeten aftrekken van bg. GO'. (Men bedenke, dat de schijnbare horizon moet geacht worden, samen te vallen met den waren horizon, waardoor bg. B'G gelijk wordt aan bg. DG, doch gelijk blijft aan ∠ B'AG = de kimduiking).

Toch is de gevonden hoogte nog niet juist. Men dient nog rekening

te houden met *de straalbreking*. Het licht van de ster wordt nl. in den dampkring gebroken, zooals fig. 29 aangeeft: de bovenste luchtlagen zijn ijler dan de daaronder liggende, en dus wordt de lichtstraal gebroken naar de normaal toe (zie natuurkundeboek). We schijnen nu de ster te zien in de richting van de straal, die in ons oog valt, en dus lijkt de ster *hooger* aan den hemel te staan, dan werkelijk het geval is.

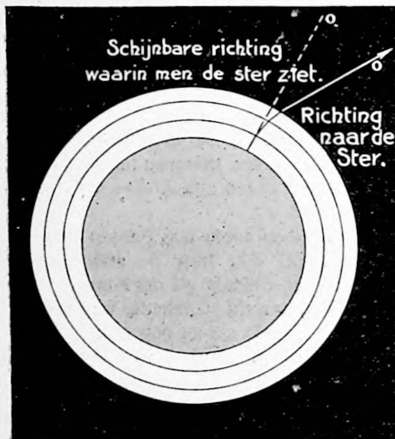


Fig. 29. Door de straalbreking schijnen de sterren hooger boven den horizon te staan, dan inderdaad het geval is.

Hoe lager de ster nu staat, des te langer is de weg van de lichtstralen door de lucht, en des te sterker is dus de breking, des te grooter ook het verschil tusschen de *werkelijke* en de *schijnbare hoogte*, zooals nader blijkt uit bijgaande tabel.

Schijnbare	hoogte	90°;	breking	0°0'0";	werkelijke hoogte	90°.
„	„	60°;	„	0°0'33";	„ „	50°59'27".
„	„	30°;	„	0°1'40";	„ „	29°58'20".
„	„	10°;	„	0°5'16";	„ „	9°54'44".
„	„	0°;	„	0°34'54";	„ „	—0°34'54".

Uit den laatsten regel blijkt dus, dat een ster, die we juist in den horizon zouden zien, er nog ruim een halven graad *onder* staat. Zoo zien we bv. de zon 's morgens *reeds*, vóórdat ze inderdaad boven den horizon is, en 's avonds *nog*, even nadat ze is ondergegaan.

Maar er is meer. De kim zelf zien we ook iets te hoog door de straalbreking, en wel ongeveer $^1/_{14}$ van de kimduiking. In de tabel op deze bladzijde is dit *14de deel er reeds afgetrokken.*

Hoewel we nu de ster in O' zien, zoo is de ware plaats toch niet O', doch O. We moeten van de gemeten hoogte dus ook den boog OO' aftrekken. Hieruit volgt: *de ware hoogte van een vaste ster* (DO) *is gelijk aan de hoogte boven de kim* (GO'), *verminderd met de kimduiking* (DG) *en verminderd met de straalbreking* (OO').

§ 53. **Bepaling van de hoogte der maan.** Wanneer de hoogte der maan moet gemeten worden, komt er nog iets bij.

We hebben beredeneerd, dat we den schijnbaren horizon mogen laten samenvallen met den werkelijken horizon, door dat de vaste sterren zoo buitengewoon ver weg staan. Maar de maan staat niet zoo heel ver weg, slechts 60 aardstralen gemiddeld.

Fig 30. De hoogte-parallaxe is de hoek, waaronder we de aardstraal (SA) zien, vanuit het middelpunt der maan.

Als we uit het punt S de hoogte der maan ('t middelpunt der maan) boven den *schijnbaren* horizon meten, vinden we daarvoor hoek h^1. En als we uit het middelpunt der aarde de hoogte der maan boven den *waren* horizon meten, vinden we hoek h^2. Hoek h^2 is grooter dan hoek h^1, en 't verschil is hoek $h^4 = \angle h^3$ (waarvoor we de stippellijn hebben getrokken, evenwijdig aan SM; zoodat we zien $\angle h^3 = \angle h^4$ als verwisselende binnenhoeken).

Dit verschil, $\angle h^3$, heet de *hoogte-parallaxe* der maan. De parallaxe is blijkbaar de hoek, waaronder we de aardstraal van het standpunt (SA) zouden zien van het middelpunt der maan uit. Die hoek wordt kleiner, naarmate de maan hooger boven den horizon staat. Als de maan in den horizon staat is de hoogte-parallaxe zoo groot mogelijk, nl. 1°.

De astronomen zijn nu gewoon, de hoogte van de maan op te geven, boven den *waren* horizon, en gezien uit het middelpunt der aarde. We moeten dus blijkbaar de parallaxe van de maan (hoek h^4) optellen bij de hoogte boven den schijnbaren horizon. *De astronomische hoogte van de maan is dus gelijk aan: de gemeten hoogte, min de straalbreking, min de kinduiking, maar plus de hoogte-parallaxe.*

De zon en de planeten staan veel verder weg dan de maan. De hoogte-parallaxe is voor deze dus veel kleiner, en bedraagt slechts enkele boogseconden.

§ 54. **Verband tusschen het graadnet op aarde en het hemelequatorstelsel aan den hemel.** Als we ons voorstellen, dat we ons in 't middelpunt (M) der aarde bevonden, en de aarde doorzichtig was, daarentegen alle punten en lijnen van het 2de coördinatenstelsel aan den hemel goed zichtbaar, dan zou de Zuidpool des hemels schijnbaar samenvallen met de Zuidpool op aarde. Evenzoo de Noordpool. Hemelequator en keerkringen projecteerden zich dan op de aarde als evenwijdige cirkels, zooals fig. 31 aangeeft. De declinatiecirkels aan

den hemel zouden samenvallen met de meridianen of lengtecirkels op aarde.

We kunnen dus zeggen, dat het tweede coördinatenstelsel aan den hemel, *centraal* geprojecteerd op het aardoppervlak, het graadnet op aarde oplevert.

Eén punt moeten we echter bedenken: de hemelbol draait schijnbaar in 24 uur om haar as; de aarde blijft schijnbaar stilstaan gedurende dien tijd. Als dus op zeker oogenblik het Lentepunt juist boven het Nulpunt op den aardequator staat, dan is het volgende oogenblik het Lentepunt alweer verschoven. In 't algemeen kunnen we dus zeggen, dat het Lentepunt niet samenvalt met het nulpunt op den aardequator: Het komt op in 't Oostpunt, culmineert op 37½° boven 't Zuidpunt (in Amsterdam) en gaat onder in 't Westpunt, elken dag 't zelfde.

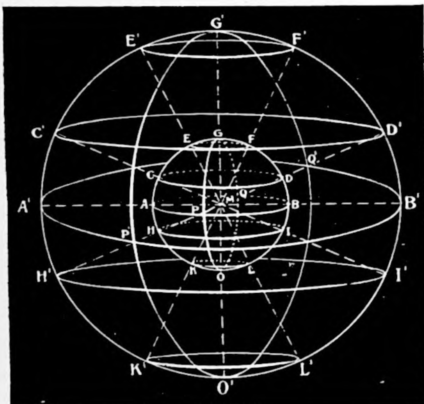


Fig. 31. Het 2de coördinatenstelsel den aan hemel, centraal geprojecteerd op de aarde, valt samen met het graadnet op aarde.
AB = aardequator, A'B' = hemelequator; CD = Noorderkeerkring op aarde, C'D' = Noorderkeerkring aan den hemel; EF = Noordpoolcirkel op aarde, enz.
GPOQ = een lengtecirkel op aarde; G'P'O'Q' = een declinatiecirkel aan den hemel, enz.
Zoek de polen, de Zuidpoolcirkel, de Zuiderkeerkring en nog een lengte (resp. declinatie) cirkel, op aarde en aan den hemel.
Opm. De aarde is ontzaggelijk veel te groot geteekend.

Nog een andere vergissing wordt veelal gemaakt: Uit het middelpunt der aarde gezien vallen de parallelcirkels op aarde en die aan den hemel samen. Maar de *platte* vlakken, waarin de parallelcirkels op aarde liggen, vallen niet samen met de platte vlakken, waarin de parallelcirkels aan den hemel liggen.

§ 55. **De Poolshoogte is gelijk aan de Geographische Breedte.** Zij in fig. 32 M het middelpunt der aarde, S het standpunt, T het toppunt, N—Z de hemel- en aardas, EE' de hemelequator (geprojecteerd als een rechte lijn), HH' de ware horizon van S (geprojecteerd als een rechte lijn.

Bg. AS geeft den afstand aan tusschen het standpunt en den aardequator; bg. AS is dus de *geographische breedte.*

Blijkbaar bevat bg. AS (op aarde) evenveel graden als bg. ET (aan

den hemel) (deze boog heet de *hemelbreedte* van S); bg. ET (aan den hemel geeft dus de geogr. breedte van S aan.

Bg. NH′ is de hoogte van de Noordpool des hemels. Tusschen bg. ET en bg. NH′ ligt bg. TN, die blijkens de figuur met elk dezer bogen een boog van 90° vormt. Hieruit volgt, dat bg. ET = bg. NH, of wel: de geographische breedte is gelijk aan de poolshoogte.

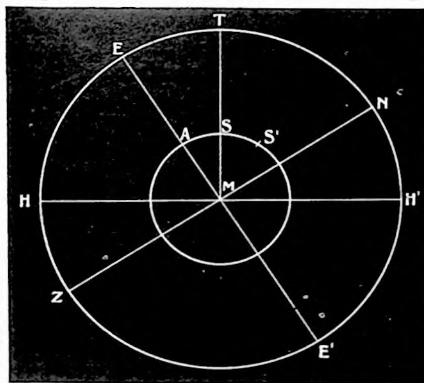


Fig. 32. *a*) Poolshoogte = Geographisch Breedte (zie de tusschenliggende bg. TN); *b*) Poolshoogte + Equatorhoogte = 90° (zie de tusschenliggende bg. EN).

In § 17 hebben we de poolshoogte in Amsterdam door *waarneming* bepaald, en daar hadden we dus te doen met één geval. Wel bleek toen reeds de geogr. breedte van Amsterdam gelijk te zijn aan de poolshoogte aldaar, maar dat had een toeval kunnen zijn. In deze § is nu bewezen, dat het altijd zoo is.

§ 55. **Equatorhoogte + Poolshoogte = 90°.** In fig. 32 wordt bg. HE de equatorhoogte genoemd. Blijkbaar is het de boog van het hoogste punt van den equator (het culminatiepunt) naar den horizon.

We hebben nu:

$$\begin{array}{lcl} \text{bg HETNH}' & = & 180^\circ \\ \text{bg. ETN} & = & 90^\circ \\ \hline \text{bg. HE} + \text{NH}' & = & 90^\circ \end{array}$$

of: equatorhoogte + poolshoogte = 90°.

Geef het bewijs van de stelling: poolshoogte = geographische breedte ook in dezen vorm.

Oplossing van vraagstukken met behulp van de globe.

§ 56. 1. **De globe te plaatsen voor een gegeven breedte.** Stel, dat we de globe moeten plaatsen voor 40° N.B. We passen de stelling toe: poolshoogte = geogr. breedte, en draaien dus de globe zoo, dat de Noordpool 40° boven het Noordpunt komt te staan, en 't werkstuk is uitgevoerd.

N.B. 1. De algemeene meridiaan is veelal verdeeld van den equator af, en wij moeten tellen van de Noordpool af. Daardoor raakt men wel eens in de war met de getallen, die op den meridiaan zijn aangegeven.

2. Als de gevraagde plaats Zuiderbreedte heeft, moeten we de Zuidpool boven het Zuidpunt van den horizon brengen.

Opgave. 1. Stel de globe voor 10°, 20°, 30°. enz. Noorder, en voor 10°, 20°, 30°, enz. Zuiderbreedte.

§ 57. **Een plaats in top te brengen.** Voorafgaande opmerking. In fig. 32 is S in top, d. w. z. de plaats is, voor ons, op het hoogste punt van den aardbol. Daardoor is ST de toplijn en we moeten die lijn denken evenwijdig aan de loodlijn in ons standpnnt. Voorts is HH′ de horizon van S.

Wil men nu S′ in top brengen, dan zou men den heelen aardbol moeten omdraaien, totdat S′ op de plaats komt, waar S is geteekend. Dan zou de lijn ZN (die immers 't verlengde van de aardas is, meedraaien) en N zou dus verder boven den horizon komen. Dit komt ook uit, want blijkbaar is de geografische breedte van S′ grooter dan van S, dus de poolshoogte moet ook grooter zijn.

Voorts zou de equator, (zoowel aard- als hemel-) ook meegedraaid zijn, en E zou minder hoog boven den horizon komen.

Daarentegen zou *de toplijn precies op haar plaats blijven, en de horizon ook.* Hierop berust nu de inrichting der globe: De horizon houdt haar vasten stand, de toplijn dus ook; maar de hemel (of aardbol) wordt gedraaid. De horizon kan dus voor elke plaats op aarde dienst doen, nl. als die plaats in top gebracht is. Daarom spreken we van: de *algemeene* horizon.

Oplossing van het vraagstuk.

Als we een plaats in top brengen, gebruiken we de globe als hemelglobe, en we moeten ons dus de aarde voorstellen in het middelpunt der globe.

Stel nu, dat we Londen in top moeten brengen. We zoeken dan eerst de geografische breedte van Londen;

stellen de globe voor de gevonden breedte; en

draaien „Londen" onder den algemeenen meridiaan. Nu is „Londen" tusschen aanhalingsteekens gezet, want de globe is hemelglobe en aan den hemel ligt geen stad Londen: de teekening van steden, rivieren, etc. moest nu feitelijk niet op de globe vóórkomen. We moeten ons die teekening *centraal* geprojecteerd denken op den heel kleinen aardbol, die we ons denken in 't middelpunt van onze „hemel"globe. Dan zal, wat nu „Londen" aan den hemel is, geprojecteerd worden als Londen op aarde, terwijl „Londen" aan den hemel het *toppunt* is van Londen op aarde. Men kan zich dus het 1e horizontstelsel aan den hemel van Londen voorstellen. (Trek eerst de meridiaan en de eerste verticaal). Het graadnet op den „hemel"bol is het hemelequatorstelsel aan den hemel van Londen.

Opgaven. 1. Breng London, New-York, Paramaribo, Kaapstad, Batavia, Peking in top (en stel U telkens voor, hoe ge het horizontstelsel en het hemelequatorstelsel aan den hemel moet denken).

2. Ga telkens na, hoe groot de equatorhoogte is, en of de uitkomst klopt met § 54.

3. Wijs de plaats aan van het punt aan den hemel van Londen, dat 40° azimut en 30° hoogte heeft. En het punt, dat in Kaapstad 200° azimut en 30° poolsafstand heeft. (Men zie in, dat we dus voor *alle* plaatsen op aarde kunnen oplossen de vragen die we in § 12—§ 16 alleen maar stelden voor ons eigen standpunt. Ook dit vraagstuk hebben we dus *algemeen* gemaakt).

§ 58. **Richting of strekking van een plaats B ten opzichte van een plaats A.** Willen we de richting bepalen van Aden ten opzichte van Londen, dan brengen we Londen in top;

we trekken den verticaalcirkel over Aden;

waar die den horizon snijdt, vinden we 't azimut van Aden (in graden, nl. 300°,

en de windstreek, die de richting aangeeft van Aden ten opzichte van Londen (nl. tusschen O.Z.O. en Z.O. ten Oosten).

Als we ons dezen verticaalcirkel geprojecteerd denken op de bolvormige aarde, dan is de projectie: de grootcirkel over Londen en Aden.

Denken we ons echter terug naar § 14, dan is de projectie van dezen verticaalcirkel een richtingslijn op den vlakken horizon van Londen, met een azimut van 300°.

§ 59. **Orthodromische Richtingen.** In § 57 bleek het verband, dat bestaat tusschen de *verticaalcirkel* door de toppunten van Londen en Aden; de *grootcirkel* over Londen en Aden; en de *richtingslijn* op den horizon van Londen (*niet* Aden) alle met 300° azimut.

In § 38 is gebleken, dat de Oostrichting in alle plaatsen op aarde verschillend is. De Oostrichting op den horizon van Londen is dus slechts een *plaatselijke richtingslijn* of *orthodroom*. Dit geldt nu van alle richtingslijnen op alle horizons.

We willen nu eens nagaan, hoe de plaatselijke Oostlijn van Londen over de aarde verder loopt, indien we haar verlengen buiten den horizon van Londen. We krijgen dan een grootcirkel op aarde, die den algemeenen horizon snijdt in het Oostpunt. Elk punt, dat op dezen grootcirkel ligt (tenminste op de eene helft, ligt *Oostwaarts* van Londen; en ligt het op de andere helft, dan *Westwaarts* van Londen.

Tot onze verwondering krijgen we nu geheel andere landstreken en plaatsen, die *zuiver Oostwaarts* van Londen liggen, dan we gedacht hadden: Galicië, Zwarte Zee, Perzië, zuidelijk Voor-Indië, en *zuiver Westwaarts* liggen: de Groote Antillen en de republiek Panama.

We hebben hier de *orthodromische* richtingen besproken (zie verder § 60).

Willen we nu een plaats opzoeken, die N.O. van Peking ligt, dan

brengen we Peking in top, leggen de kwadrant, of een strak gespannen draadje, van Peking naar 't Z.O. punt van den horizon, en gaan na, welke plaatsen dan onder de kwadrant liggen.

Opgaven. 1. Zoek plaatsen, die Z.O. van Rome liggen; plaatsen, die ten W. van Peking liggen; ten W van New-York.

2. In welke richting ligt Batavia ten opzichte van Amsterdam; Paramaribo ten opzichte van Amsterdam; Buenos Ayres ten opzichte van Kaapstad.

§ 60. **Loxodromische Richtingen.** *Een lijn, die met alle meridianen denzelfden hoek maakt, heet een loxodroom.* De loxodroom is blijkbaar ook een richtingslijn, doch ze geeft een *loxodromische richting.*

De hoek, dien de loxodroom maakt met de meridianen kan alle waarden tusschen 0° en 90° hebben.

Als de hoek *recht* is, is de loxodroom blijkbaar een *breedtecirkel.* Dit is een bijzonder geval.

Is de hoek 0°, dan heeft er geen snijding plaats. Dan is de *meridiaan* zelf de loxodroom. Dit is het tweede bijzondere geval.

Behalve in deze twee grensgevallen is de loxodroom altijd een *spiraallijn.* De meridianen toch hebben alle verschillende richtingen (§ 38), dus de loxodroom moet ook telkens van richting veranderen. De loxodroom zal dus een bepaalden meridiaan herhaalde malen snijden en steeds dichter de Noordpool of Zuidpool naderen. Maar die polen worden nooit bereikt door de loxodroom. Als immers op een bepaald punt loxodroom en meridaan elkaar snijden, is de meridiaan de kortste verbinding van dat snijpunt naar de pool, maar de loxodroom maakt altijd een hoek met die kortste verbindingslijn, d.i. de loxodroom gaat zijwaarts. Dit geldt altijd door.

Ortho in orthodroom beteekent: recht; loxo in loxodroom beteekent: scheef. De orthodroom is blijkbaar de rechte verbindingslijn tusschen twee punten (en dus de kortste): de loxodroom is (behoudens twee uitzonderingen: de N.Z. lijn, en de Equator) een scheeve verbindingslijn tusschen twee punten, en dus altijd langer dan de orthodroom.

Als wij in 't dagelijksch leven spreken over een Oost-Westcirkel op de globe, dan bedoelen we de loxodromische richting (dus de breedtecirkel). Deze cirkel zal in elke plaats, waarover hij loopt, de Oostrichting *van die plaats* aangeven. Het is dus niet een *plaatselijke* richtingslijn, zooals de orthodroom, doch een *algemeene* richtingslijn.

N.B. De orthodromische Noord-Zuidrichting en de loxodromische N.Z. richting vallen samen; ook de Evenaar en de orthodromische O.W. richting voor plaatsen op den evenaar. Maar dit zijn de eenige.

§ 61. **Loxodromen en Mercator's „Projectie".** De zeeman be-

paalt de richting, waarin hij vaart, naar het kompas, dat naar het Noorden wijst; d. w. z. het kompas wijst telkens langs den meridiaan, die het schip passeert, dus het kompas wijzigt voortdurend zijn richting. (We zien hierbij af van de miswijzing).

Stel nu, dat een schip volgens het kompas steeds naar het N.W. vaart, dan heeft dus de vaarrichting steeds een hoek van 45° gemaakt met de meridianen, die het schip passeerde. *Het schip heeft dus langs een loxodroom gevaren,* en niet langs een rechte lijn.

Nu heeft Mercator (1512—1594), een „projectie" van den bol bedacht, waarop alle loxodromen als rechte lijnen worden geteekend. Dit is voor den zeeman een groot gemak. Bovendien is het een eenvoudige opgave, de lengte van de loxodromen op Mercator's projectie te berekenen. Dit is een tweede voordeel voor den zeeman.

In de nautiek wordt deze projectie dan ook algemeen gebruikt. Dat ze voor *land*kaarten, speciaal *wereld*kaarten, ernstige bezwaren heeft, hebben we aangetoond op bldz. 41.

§ 62. **De Loxodroom en de Grootcirkel.** De grootcirkel is de kortste weg tusschen twee plaatsen op aarde. De loxodroom tusschen dezelfde twee plaatsen is dus in 't algemeen langer.

Dit verschil bestaat niet voor routes langs de meridianen of den evenaar, aangezien loxodroom en grootcirkel dan even groot zijn. Het verschil wordt groot voor routes op hoogere breedten en in 't bijzonder voor de koers Oost-West.

Bij de hooge eischen, die tegenwoordig aan het verkeer gesteld worden, streeft men er naar, de kortste route te nemen.

De schepen, die van ons land naar Indië varen, volgen van 't Kanaal naar de Midd. Zee Noord-Zuid-koersen; in de Midd. Zee Oost-West-koersen. In 't eerste gedeelte maakt het dus weinig verschil, of men loxodroom dan wel orthodroom kiest. Op het tweede gedeelte is het verschil gering. Bv. van Kaap Bon (Tunis) naar kaap Brulos (Egypte) is de grootcirkelafstand 1031 zeemijl, de loxodromische afstand 1033 mijl, een verschil zonder practische beteekenis. In den Indischen Oceaan is het verschil tusschen de twee koersen zóó miniem, in vergelijking met andere meer belangrijke factoren, zooals moesons, 't aanloopen van verschillende landpunten, enz., dat er aan grootcirkel niet gedacht wordt. In den Indischen Archipel vervalt het voordeel geheel door de nabijheid van den evenaar.

Daarentegen volgen de stroomers, die tusschen Europa en N.-Amerika varen, in den oceaan alle de grootcirkels; kleinere gedeelten, bij de kusten, worden langs den loxodroom. gevaren.

§ 63. **Omwoners, tegenwoners, tegenvoeters.** Als in fig. 33 A onze woonplaats is, dan woont in B onze *tegenwoner*, in C onze *omwoner*, in D onze *tegenvoeter* of antipode.

't Blijkt, dat de plaats van den tegenwoner dezelfde maar tegen-

gestelde geografische *breedte* heeft; dezelfde geografische *lengte;* het is in B *12 uur 's middags* tegelijk met A; 't is *winter* in B, als 't zomer is in A.

Zoek nu zelf die vier gegevens op voor de plaats van den omwoner en van den tegenvoeter.

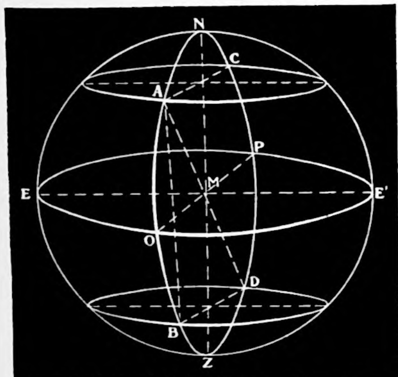


Fig. 33.

Kinderen hebben altijd moeite zich in te denken in de positie van den tegenvoeter, die „met zijn hoofd naar beneden staat", zooals ze denken. Dat komt, doordien het kind zich „beneden" als een vaste richting denkt, en 't is slechts een betrekkelijke: nl. naar 't middelpunt der aarde.

In de Middeleeuwen werd de mogelijkheid, dat er tegenvoeters konden bestaan, nog heftig ontkend, en Coppernicus heeft deze dwaalleer nog moeten bestrijden. Later, toen men 't bestaan der tegenvoeters erkende, is nog vaak een onderwerp voor een „geleerd" dispuut geweest, deze vraag: „Als er een schacht was gegraven door 't middelpunt der aarde, en daar door heen kwam een tegenvoeter, zou hij dan met zijn voeten vooruit naar boven komen, of met zijn hoofd vooruit!

Over de omwoners etc. zie ook hoofdstuk V.

Opgave. Zoek de plaats van de omwoners, tegenwoners en tegenvoeters voor: Amsterdam, New-York, Kaapstad.

Opmerking: Men kan de gevraagde punten vinden met behulp van de globe, als men de opgegeven plaatsen: Amsterdam, New-York, Kaapstad onder den algemeenen meridiaan brengt.

Men kan ook uit de lengte en breedte van Amsterdam, etc. *berekenen* de lengte en breedte der gevraagde plaatsen en deze dan opzoeken in den atlas.

Wij raden aan beide manieren toe te passen: de eerste omdat ze zoo gemakkelijk is; de tweede, omdat men zich zoo licht vergist met O.L. en W.L.

HOOFDSTUK IV.

Bewegingen der aarde. Heliocentrische voorstelling van het heelal.

A. DE ASWENTELING OF ROTATIE.

§ 64. *Inleiding.* Ieder „weet" wel, dat de aarde om haar as draait. Bewijzen, die gemakkelijk waargenomen kunnen worden, zijn er echter niet: alles op aarde draait mee, ook de atmosfeer (die immers ook een deel der aarde is). Vandaar dat men zoovele eeuwen lang gemeend heeft, dat de aarde stilstond, en zon en sterren in 24 uren om de aarde draaiden. Vandaar ook, dat wij, die beter weten, nog steeds uitdrukkingen gebruiken als: de zon „komt op," „gaat onder," de dagelijksche „loop" der sterren, etc.

Wel hebben reeds eenige oude Grieksche wijsgeeren een intuitief begrip gehad van de draaiing der aarde, maar Coppernicus († 1543) heeft het geloof aan een vaststaande aarde met volle klaarheid bestreden. Aanvankelijk heeft de kerk, zoowel de Hervormde als de Katholieke, zich verzet tegen de voorstelling, alsof de aarde zou draaien, en wel op grond van deze bijbelteksten: Jozua 10, v. 12: Toen sprak Jozua tot den Heere, ten dage als de Heere de Amorieten voor het aangezicht der kinderen Israëls overgaf, en zeide voor de oogen der Israëlieten: Zon sta stil te Gibeon, en gij maan, in het dal Ajalons!

v. 13. En de zon stond stil en de maan bleef staan, totdat zich het volk aan zijne vijanden gewroken had. Is dit niet geschreven in het boek des oprechten? De zon nu stond stil in het midden des hemels, en haastte niet onder te gaan omtrent een volkomen dag.

En II Koningen 20, v. 11: En Jesaja de Profeet riep den Heere aan, en hij deed de schaduw tien graden achterwaarts keeren in de graden dewelke zij nederwaarts gegaan was in de graden van Achaz' zonnewijzer.

Ook zijn er nog wel meer teksten in dezen geest te vinden in de Kronieken en in Jesaja.

Naderhand heeft de kerk zich bij de nieuwe leer neergelegd. *Op dit punt bestaat dus niet meer het z.g. conflict tusschen geloof en wetenschap* (zie ook hoofdstuk XV).

Ook lang niet alle geleerden geloofden in de juistheid van de leer van Coppernicus, o.a. Tycho Brahe niet, de beroemdste sterrenkundige van zijn tijd, en Baco van Verulam. Maar al spoedig erkende de geleerde wereld de juistheid van Coppernicus' beschouwingen, en Galilei († 1638) (zie hoofdstuk XII) en Joh. Kepler († 1631) waren beroemde voorvechters van de nieuwe leer, en verbeterden enkele van de fouten, die haar aankleefden.

Door de leer van de aantrekkingskracht (Newton 1687) werd de leer van Coppernicus met volkomen menschelijke zekerheid als waar aangetoond.

§ 65. **Richting en duur der rotatie.** De aswenteling geschiedt

van het Westen door het Zuiden naar het Oosten. Daardoor schijnen de hemellichamen zich te bewegen in de tegenovergestelde richting: van 't Oosten door 't Zuiden naar 't Westen (zie § 17).

De sterren kunnen we als stilstaand beschouwen (zie hoofdstuk XIV). De tijd tusschen twee opeenvolgende bovenste culminaties eener ster geeft dus den duur der rotatie aan. Deze is 86164 sec. = 23 u. 56 min. 4 sec. Deze waarde is, voorzoover men heeft kunnen nagaan uit oudere sterrenkundige waarnemingen, *onveranderd* sinds de oudste tijden.

Een gemiddelde zonnedag is 24 uur. Het verschil tusschen een gemiddelde zonnedag en een sterredag is dus ± 4 min. Dit hadden we reeds opgemerkt in § 26; het wordt verklaard in hoofdstuk VII.

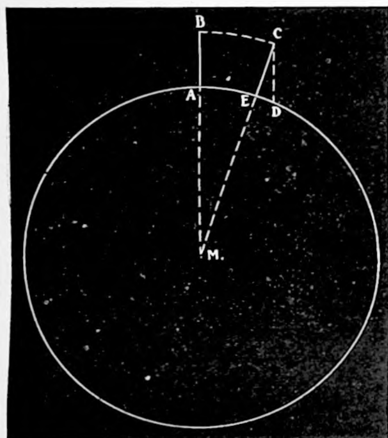


Fig. 34. Een voorwerp losgelaten van den top eens torens, zal Oostwaarts van den voet neerkomen.

Men is gewoon te zeggen, dat de aarde om haar as draait in een *etmaal*, en verwaarloost dan de bijna vier minuten verschil. Deze ietwat onjuiste uitdrukking zal men in dit boek ook vinden.

In een etmaal dan, draait de aarde 360° om; per uur dus 15° en in 4 minuten 1°. Deze *hoeksnelheid* is voor alle deelen der aarde dezelfde.

Aangezien de aarde een bol is, draaien de punten bij de polen veel langzamer dan bij den equator. De *lineaire* snelheid verschilt dus met de geografische breedte.

In de tabel op bldz. 39 kan men vinden, hoeveel KM. een punt op aarde aflegt per 4 minuten.

§ 66. **Bewijzen voor de aswenteling.** 1. *De valproeven.* Zij in fig. 34 de cirkel een breedtecirkel en AB een toren (die blijkbaar veel en veel te groot is geteekend!) Het punt B verplaatst zich door de rotatie in een bepaalden tijd van B naar C. Stel nu, dat we boven van dien toren een voorwerp loslaten, dat denzelfden tijd noodig had om op de aarde te vallen, dan zou dit voorwerp twee bewegingen hebben en 't voorwerp zou in D op de aarde vallen. Maar de voet van den toren zou in dien tijd omgedraaid zijn van A naar E. Het voorwerp zou dus ten Oosten van den voet zijn neergekomen.

Newton had dit theoretisch reeds uitgemaakt. Proeven (van anderen)

gaven echter een tegengestelde uitkomst (doordat ze niet goed genomen waren). Eerst aan Guglielmi (1791) en later aan Benzenberg 1802 en 1805, en Reich (1831), welke laatste proeven nam in een ongebruikte mijnschacht, en de kogels lieten vallen door de verwarming van een ring van 's Gravensande, gelukten de proeven. Deze proeven eischen vèrstrekkende mathematische vóórkennis en groote zorgvuldigheid in de uitvoering. De gemeten afwijking was gemiddeld 0,0283 M. in een put van 158 M. diepte; de berekende bedroeg 0,0276 M.

2. *De slingerproef van Foucault.* Als we ons herinneren, wat in § 38 werd opgemerkt over de N.Z. richting dan zal het duidelijk zijn, dat door de draaiing der aarde onze N.Z. richting voortdurend veranderdt. We bemerken dit echter niet, aangezien alles op aarde meedraait.

Een slingerende slinger echter blijft slingeren in het vlak, waarin hij in beweging is gebracht.

We krijgen nu de *onjuiste* voorstelling, alsof het slingervlak wèl zou draaien en ons meridiaanvlak niet. Hierop zijn de slingerproeven gebaseerd. De afwijking is aan de polen het grootst, nl. in 24 (sterren) uren 360°; op onze breedte, 52°, zal het slingervlak in 30½ uur een cirkel beschreven hebben; aan den equator heeft ze daarvoor een oneindigen tijd noodig, d.w.z. daar is geen afwijking.

De eerste slingerproef werd genomen door Foucault (1851) te Parijs en wekte groot opzien. De slinger was 64 M. lang en opgehangen in den koepel van het Pantheon. Bij elke dubbele slingering die 16 seconden duurde, verplaatste het slingervlak zich 2,5 m.M. Daarna is de proef in allerlei plaatsen genomen, ook in Nederland, bv. in Haarlem en Utrecht. Ten slotte heeft een Nederlander: O. Kamerling Onnes, nu de beroemde professor te Leiden, in zijn proefschrift: „Nieuwe bewijzen voor de aswenteling der aarde" aangetoond, dat de slingerproef van Foucault slechts één bijzonder geval is uit een heele reeks van verschijnselen, „die proef- „ondervindelijk even gemakkelijk en overtuigend de draaiing der aarde laten bewijzen." Ook heeft hij 't middel gevonden, om de proeven met *kleinere* slingers te doen.

Om goed te doen inzien, hoe moeilijk het is zich los te maken van het verkeerde begrip, alsof onze Noord-Zuidlijn gedurende den geheelen dag dezelfde richting zou hebben, stelle men zich voor, dat iemand staat in C (fig. 35) en kijkt in de richting van de Noordpool. Hij blijft stokstijf staan, en na een uur *denkt* hij dat hij nog precies in dezelfde richting het Noorden zoekt. Maar 't is niet waar. Eén feit is hem ontgaan, nl. dat hij door de aswenteling zelf ook een weinig om zijn eigen (loodrechte) as is gedraaid. Hij kijkt dus nu langs de lijn DBN.

3. *De middelpuntvliedende kracht.* De lineaire omwentelingssnelheid verschilt met de breedte (zie § 47). De „middelpuntvliedende" kracht dus ook. Deze werkt in 't verlengde van den straal van den cirkel, dien het voorwerp beschrijft.

Men kan zich dit het best voorstellen, door aan te nemen, dat men een voorwerp rondslingert, bevestigd aan een elastiek. Het elastiek zal dan steeds gespannen zijn; blijkbaar werkt de kracht dus op elk oogenblik in een richting, tegenovergesteld aan die van 't voorwerp naar het middelpunt. Doet men nu 't voorwerp sneller draaien, dan zal het elastiek meer uitgerekt worden. Dit bewijst, dat de middelpuntvliedende kracht dan grooter wordt.

Aan den evenaar heeft de middelpuntvliedende kracht een richting, juist tegengesteld aan de zwaartekracht. Op alle andere punten maken richting van middelpuntvliedende kracht en de richting van de zwaarte kracht een schuinen hoek. Door na te gaan, of de *berekende* waarden overeenkomen met de waargenomen waarden, kan men een nieuw bewijs vinden voor de aswenteling. Dit komt inderdaad altijd uit.

4. *De afwijking in de richting van horizontaal bewegende voorwerpen. Passaten.* CN en DN stellen twee meridianen voor; N de Noordpool; AB en CD zijn deelen van twee breedtecirkels. Al deze bogen zijn als rechte lijnen geprojecteerd op 't vlak van teekening.

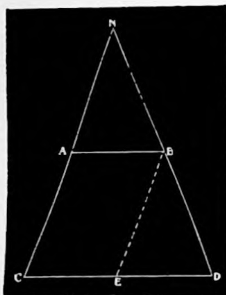


Fig. 35. Vierde bewijs voor de aswenteling der aarde.

Neem nu aan, dat in A een luchtstroom zich naar C zou bewegen in denzelfden tijd, dat de aarde zich zooveel omdraait als ∠ CND aangeeft. Dan zou het voorwerp in A aan twee krachten onderhevig zijn, de ééne voorgesteld door den ontbondene AB, de andere door den ontbondene AC. Dan is ABCE het parallelogram van krachten en 't voorwerp komt dus aan in E.

In dienzelfden tijd is 't punt C echter in D gekomen (doordat het grooter *lineaire* snelheid heeft). In A zag men den luchtstroom zich bewegen in de richting AC, dus precies naar het Zuiden. Is de aanschouwer nu door de rotatie in B aangekomen, dan noemt hij NBD de Noord-Zuidrichting, en hij *meent*, dat dit dezelfde richting is, als die hij in A Noord-Zuidrichting noemde. Het schijnt hem dus toe, alsof de luchtstroom de Noord-Zuidrichting heeft verlaten, en alsof het afgeweken is naar *rechts*, wel te verstaan: naar rechts als men zich de beweging voorstelt als die van het water in een rivier, en men zichzelf dan plaatst, zooals men doet om te kunnen uitmaken, welke de rechter- en welke de linkeroever is (dus in de lijn BD, met den rug naar B).

Op het Noordelijk Halfrond schijnen alle bewegende voorwerpen naar rechts af te wijken.

Als men voor 't Zuidelijk Halfrond een teekening maakt, overeenkomstig fig. 35, zal blijken:

Op het Zuidelijk Halfrond schijnen alle bewegende voorwerpen naar links af te wijken.

Het bedrag der afwijking is het verschil in lineaire snelheid tusschen twee punten op verschillende breedte. Dit verschil is uiterst gering in de equatorische streken: van 6° tot 10° slechts 111 K.M. — 110 K.M. = 1 K.M., en het grootst in de poolstreken: van 70° tot 80° is het 38 K.M. — 19 K.M. = 19 K.M.

Als men dit verschijnsel wil verklaren voor een beweging, die Oost-West gericht is, moet men bedenken, dat deze beweging dan geschiedt langs den *orthodroom*. Het bewegende voorwerp komt dus achtereenvolgens op verschillende breedten, met verschillende omwentelingssnelheden.

Er is ook nog een andere verklaring van 't verschijnsel, welke *in den grond* niet zooveel verschilt van die welke we hiervóór gaven, als uit het verschil in *woorden* zou kunnen worden opgemaakt. Men oordeele:

't Punt A heeft een geringer omwentelingssnelheid, dan 't punt C. Een voorwerp dat in A is en zich naar C beweegt, *behoudt* de aanvankelijke omwentelingssnelheid (afgezien van den invloed der wrijving). Het raakt dus achter bij C en zal niet, evenals C, in D aankomen, doch in E.

De tweede helft van de wet van Buys Ballot brengt de afwijking in woorden. De wet luidt: Lucht stroomt van gebieden met hoogeren luchtdruk naar gebieden met lageren luchtdruk; en wijkt daarbij af, op 't Noordelijk Halfrond naar rechts, op 't Zuidelijk Halrond naar links.

Passaten. Deze afwijking is het best op te merken in de richting der passaten. Als de aarde niet om haar as draaide, zou van ± 30° N.B. een Noordenwind naar den evenaar waaien. Deze wijkt nu af naar rechts en wordt N.O. Ten Z. van den evenaar zou van 30° Z.B. een Zuidenwind waaien, doch die wordt Z.O. door de aswenteling.

Andere winden. Bij *alle* andere winden wordt precies hetzelfde waargenomen, maar doordat deze veranderlijk van richting zijn, spreekt voor leeken de invloed der aswenteling hier niet zoo sterk.

Zeestroomingen. De zeestroomingen gehoorzamen eveneens aan deze wet (zie uw boek over natuurkundige aardrijkskunde). (Bij stroomen langs den bodem der zeeën is bovendien de invloed der wrijving langs den bodem zeer goed merkbaar).

Rivieren, spoorwagens, projectielen. Deze moeten ook den invloed der aswenteling ondergaan. Deze is echter uiterst gering en allerlei andere oorzaken hebben veel sterker afwijkingen ten gevolge.

5. *Afplatting der aarde.* Op theoretische gronden hadden Christiaan Huyghens en Newton beweerd, dat de aarde moest afgeplat zijn aan de polen. In hun tijd nam men algemeen aan, dat de aarde een zuivere bol was.

De redeneering van H. en N. was aldus: De aarde is niet een absoluut

star lichaam; ze is samendrukbaar en de deeltjes kunnen zich een weinig verplaatsen ten opzichte van elkaar. Aan den evenaar is de middelpuntsvliedende kracht het grootst, dus daar moeten de deeltjes der aarde een neiging vertoonen om zich van 't middelpunt der aarde een weinig te verwijderen: daardoor moet de aarde den vorm eener omwentelings-ellipsoïde verkrijgen.

Een bekende natuurkundige proef illustreert dit verschijnsel: Men laat een cirkelvormigen stalen ring snel om de loodrechte as draaien, en ziet dan, dat de ring den ellipsvorm aanneemt.

De graadmetingen hebben de juistheid van H. en N.'s bewering buiten allen twijfel vastgesteld.

§ 67. **Gevolgen van de aswenteling.** Alle feiten in de vorige paragraaf vermeldt, zijn gevolgen der aswenteling, en juist, doordat ze constante gevolgen zijn, konden we ze gebruiken om de aswenteling te bewijzen.

Nu we het feit der aswenteling als vaststaand kunnen aannemen, kunnen we met behulp daarvan de volgende punten aantoonen:

1. De dagelijksche loop der hemellichamen is slechts *schijn*. Het is daarmee, als wanneer we in den trein zitten, en we zien de telegraafpalen langs ons heen snellen; zóó sterk is het gezichtsbedrog, dat we in een trein aan 't station zittende, soms niet zoo dadelijk kunnen uitmaken, of wij juist in beweging zijn gekomen, dan wel dat de andere trein naast ons, juist binnenkomt.

2. *Ontstaan van dag en nacht.*

Aangezien de zon zeer ver van de aarde verwijderd is, kunnen we zeggen, dat ze juist den halven aardbol verlicht. (Zie voor de kleine fout, die we hier maken, § 94). Door de aswenteling komt elk deel achtereenvolgens in 't licht der zon en daarna in de duisternis. Welke gevolgen de *stand* der aardas heeft voor den *duur* van dag en nacht, zal blijken in § 95 e. v.

3. *Tijdsverschil.*

Men zegt, dat het in een plaats 12 uur 's middags is, als de meridiaan van die plaats, boven den horizon, door de zon gaat (de zon in bovenste culminatie is).

Plaats nu de globe voor U met den algemeenen meridiaan naar U toegekeerd. Nu hebben alle plaatsen onder dien meridiaan gelegen, twaalf uur 's middags (we moeten den *halven* cirkel als meridiaan nemen). Alle plaatsen, die westelijk ervan liggen hebben nog geen middag. Daar is het dus voormiddag, ochtend of nacht. En alle plaatsen, die Oostwaarts van den algemeenen meridiaan liggen, hebben al twaalf uur gehad. Daar is het dus namiddag, avond of voornacht.

Hoe groot dit tijdsverschil is, valt gemakkelijk te berekenen. In 4 minuten draait de aarde één graad om (§ 65). Een plaats die 5° ten Westen van den algemeenen meridiaan ligt, zal dus over 5 × 4 min. = 20 minuten, twaalf uur 's middags hebben; het is er dus 10 minuten over half twaalf.

Een plaats, die 70° Oostwaarts van den algemeenen meridiaan ligt, heeft 70 × 4 min. = 280 min. = 4 u. 40 min. geleden reeds middag gehad. Het is daar dus 4 u. 40 min. in den namiddag.

Er blijkt, dat alleen het *lengteverschil* beteekenis heeft voor het tijdsverschil. We kunnen dus met behulp der kaart het tijdsverschil tusschen twee plaatsen berekenen.

Voorbeeld. Lissabon heeft 9° W.L. v. Gr. (zie de kaart v. 't Pyren. Schiereiland); Sydney heeft 151° O.L. v. Gr. (zie kaart Australië). 't Lengteverschil is dus 9° + 151° = 160°. Het tijdsverschil is 160 × 4 min. = 640 min. = 10 u. 40 min. Sydney ligt Oostwaarts van Lissabon en dus is 't in Sydney 10 u. 40 min. *later* dan in Lissabon.

Opm. Als het lengteverschil in een richting meer dan 180° zou bedragen, telle men in de andere richting.

Opgaven. 1. Bereken het tijdsverschil tusschen Amsterdam en Batavia; Amsterdam en Kaapstad; New-York en San Francisco; Kota Radja en Merauke.

2. Hoe laat is het in Batavia, als het bij ons 6 uur 's avonds is; hoe laat in New-York, als het bij ons 4 uur 's middags is; in Paramaribo, als het bij ons 9 uur 's morgens is.

4. Verandering van de richting der verticaal in het *standpunt.*

Plaats de globe bv. voor Amsterdam en zet op Amsterdam een potlood loodrecht op de globe. Draai de globe rond. Dan ziet men, dat het potlood, de verticaal, voortdurend van richting verandert. Loodrecht is dus, *ook voor een bepaalde plaats,* niet een vaste richting, maar beteekent alleen: de richting, die *op 't gegeven oogenblik* gaat van 't standpunt naar 't middelpunt der aarde.

(Men zie in, dat in § 38 aangetoond werd, dat voor *verschillende* plaatsen op aarde de verticaal anders gericht is, als gevolg van den *bolvorm*).

5. *Verandering van het horizontale vlak.*

Als de loodlijn voortdurend van richting verandert, moet het horizontale vlak hetzelfde doen.

Om zich dit goed voor te stellen, beschouwe men de globe als aardglobe; de kamer als hemelgewelf. Leg nu een karton als raakvlak aan den bol in Amsterdam, dan stelt dit karton voor: de schijnbare horizon van Amsterdam. Men zal dan ook zien, dat bij draaiing der globe het horizontale vlak van richting verandert ten opzichte van 't hemelgewelf. Men zal verder inzien, dat door die draaiing van het horizontale vlak de hemellichamen aan de Oostzijde „opkomen", aan de Westzijde „ondergaan".

6. *Verandering van de horizontale richtingen.*

Men plaatse de globe vóór zich met den meridiaan van Greenwich naar zich toe gekeerd. Na eene geringe draaiing zien we, dat deze meridiaan een anderen stand heeft. De richting N.Z. is dus niet een absolute richting, zelfs niet in één bepaalde plaats. N.Z. is slechts een betrek-

kelijk begrip. Het beteekent: de richting die *op een gegeven oogenblik* van het standpunt naar het Noordpoolpunt wijst. (In § 38 hebben we ditzelfde betoogd, doch voor *verschillende* plaatsen en als gevolg van den *bolvorm*).

Men zie in, dat de meridiaan eener plaats zich in 24 uur langs den hemel beweegt. Het is dus niet de zon, die zich nàár of vàn den meridiaan begeeft, maar omgekeerd.

§ 68. **Plaatselijke tijd, nationale tijd, zônetijd.** Bij de snelheid van 't verkeer langs de spoorlijnen deed zich het tijdsverschil zeer hinderlijk gevoelen. Enschedé ligt ongeveer 2° Oostelijk van Amsterdam; het is in E. dus 8 min. later dan in Amsterdam. Stel, dat een trein over het traject 2 u. 48 min. doet, dan komt hij als hij om 8 uur vertrokken is (Amsterdamsche tijd), aan, als 't in Enschedé 10 u. **56** min. is. De *plaatselijke* tijd is dus niet te gebruiken voor 't spoorwegverkeer.

Daarom is men begonnen, een *nationalen* tijd aan te nemen, nl. den tijd van een of andere voorname of dicht bij 't centrum van een land gelegen plaats. In Nederland bv. *Amsterdamsche tijd.*

Het *internationale* verkeer ondervond door al die nationale tijden ook nog moeilijkheid; bovendien zijn er landen, bv. de Vereenigde Staten van Noord-Amerika, die zich te ver Oost-Westwaarts uitstrekken om één nationalen tijd te kunnen aannemen. Hierdoor is men er toe gekomen, den *zônetijd* in te stellen: De meridaan v. Greenwich geeft den tijd aan voor een strook 7½° Oost- en 7½° Westwaarts (*de zône met Greenwichtijd*). Het midden van de Oostwaarts daaraangrenzende zône is de 15[de] graad O.L. van Greenwich. Dit is de *Midden-Europeesche zône*. Blijkbaar is het verschil met de vorige zône: 15 × 4 min. = 1 uur. Zoo kan men de aarde in 24 meridiaanstrooken verdeelen, die telkens 1 uur in tijd verschillen.

Men wijzigt de grenzen der zônen naar de landsgrenzen. Zoo is niet de meridiaan van 7½° O.L. van Gr. de grens van de Midden-Europeesche zone, doch de Duitsche, Zwitsersche en Italiaansche Westgrens. Elk land in Europa kan dus één tijd hebben.

In Europa is de toestand tegenwoordig aldus: De tijd van den meridiaan van Greenwich heet *West-Europeesche tijd.* Die is aangenomen in Groot-Brittannië, België, Frankrijk.

De tijd van den meridiaan van Görlitz (of ook wel Stargard in Pommeren), 15° O.L. van Greenwich, heet Midden-Europeesche tijd. Die is aangenomen in: Noorwegen, Zweden, Denemarken, het Duitsche Rijk, Luxemburg. Zwitserland, Italië, Oostenrijk-Hongarije, Servië.

De tijd v. d. 30[en] meridiaan O.L. v. Gr. heet *Oost-Europeesche tijd.* Die geldt in: Bulgarije, Roemenië en Europeesch Turkije.

De andere Europeesche landen hebben nog nationale tijd. Nederland heeft eenigen tijd lang drie tijden gehad: Greenwichtijd voor de spoorwegen en in enkele plaatsen; Amsterdamsche tijd (voor de beurslui) en

plaatselijke tijd in verschillende plaatsen. Tegenwoordig is de spoortijd ook Amsterdamsche tijd.

In de Vereenigde Staten van Noord-Amerika, welk land zich met zijn koloniën over zoovele breedtegraden uitstrekt zijn vijf tijden aangenomen, die een uur verschillen.

§ 69. **Datumgrens.** Bij een reis in Oostelijke richting reist men de zon tegemoet en ontmoet haar dus eerder. In het tegenovergestelde geval reist men in dezelfde richting als de zon en wordt dus later door haar ingehaald.

Nu doet zich echter een moeilijkheid voor: Stel, dat het 12 uur 's middags is op den meridiaan van Greenwich, en Maandag. Westwaarts van dien meridiaan is het dan achtereenvolgens 11 u. voormiddags, 10 u., etc., totdat het op 180° W.L. 12 uur 's nachts is, aan 't *begin* van den Maandag.

Oostwaarts van den meridiaan van Greenwich is het achtereenvolgens 1 uur in den *na*middag, 2 uur, etc., totdat het op 180° O.L. v. Gr. twaalf uur 's nachts is aan 't *eind* van den Maandag.

Maar 180° O.L. v. Gr. is dezelfde lijn als 180° W.L. v. Gr. en we krijgen blijkbaar een dag verschil, naarmate we van 't Westen dan wel van 't Oosten komen.

Ditzelfde euvel vindt men op elk schip, dat van de Oostkust van Azië naar de Westkust van Amerika vaart. Nu is aangenomen, dat in dit geval bij het passeeren van den 180^{en} meridiaan de dag dubbel genomen wordt. In 't journaal volgt dus op Dinsdag nog eens Dinsdag.

Vaart een schip van San Francisco naar Yokohama, dat slaat het één dag over, zoodra het den 180^{en} meridiaan passeert: op Dinsdag volgt in 't journaal Donderdag.

§ 70. **Historische mededeelingen omtrent datumverschil en datumgrens.** De eerste tocht om de wereld, die van Magellaan, ging in westelijke richting. Het scheepsvolk was ten hoogste verwonderd, toen het op de Kaap-Verdische eilanden meende aan te komen op Woensdag, en 't bleek daar Donderdag te zijn.

(Van het tegenover gestelde geval is gebruik gemaakt in J. Verne's Reis om de wereld in tachtig dagen).

Het maakte ook verschil voor den datum of, in het tijdperk der groote ontdekkingen, een land werd ontdekt van het Westen uit of langs een Oostelijke route. Vandaar dat de Philippijnen en Java een verschillenden datum hadden. Tot 1844 heeft dit verschil (één uit vele) bestaan. Zoo was er dus in dien tijd een datumgrens, die vrij grillig over de aarde liep.

Nadat de Engelsche natie de wereldheerschappij ter zee had verworven, en de meridiaan v. Greenwich algemeen als nulmeridaan was aangenomen, is men ook overeengekomen, den 180^{en} meridiaan als datumgrens te bezigen. Echter met twee afwijkingen: In de Beringzee loopt de grens zóó, dat het (Russische) Tsjoektsjenschiereiland den

datum heeft van Rusland, en de Aleoeten den datum van Amerika. Evenzoo is de grens *om* de Tonga- en Fidsjieilanden heengetrokken, zoodat ze den datum van Australië hebben.

71. **Bepaling van de geografische breedte.** De zeeman, de reiziger in onbekende landstreken, kunnen te weten komen, waar ze op aarde zijn door de geografische lengte en breedte te bepalen van de plaats, waar ze zich bevinden.

De geografische breedte kunnen ze vinden door de culminatiehoogte te bepalen van de zon of van een bekende ster.

a. In fig. 36 meet men de hoogte van de Zon^I, 's middags te 12 uur (bovenste culminatie = Z tot Zon^I). In een tabel der declinaties zoekt men op: de declinatie van de zon op den betreffenden dag (deze is in ons geval Noordelijk en 't is boog E tot Zon^I). Men trekt de declinatie van de gevonden zonshoogte af, en 't verschil is de equatorhoogte (ZE). We passen nu de stelling van pag. 57 toe en vinden de geografische breedte (90° — equatorhoogte).

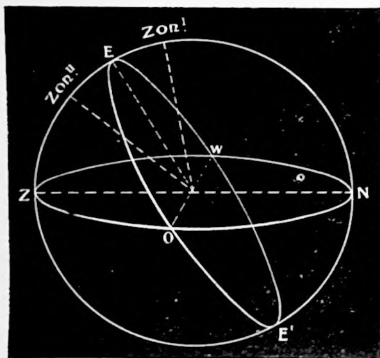


Fig. 36. De equatorhoogte eener plaats = de culminatiehoogte der zon + of — de declinatie.

Als de Zon staat in 't punt: Zon^II, is de declinatie Zuidelijk en die moeten we dan dus optellen bij de zonshoogte (Z tot Zon^II) om de equatorhoogte (ZE) te vinden.

Hoe is dit voor plaatsen op het Zuidelijk Halfrond?

Moeilijkheden bij de uitvoering der breedtebepaling.

Tegen den tijd der culminatie van de zon is de baan der zon bijna parallel aan den horizon. Dus verandert de zonshoogte maar weinig. De zeeman bepaalt nu òf verschillende zonshoogten kort vóór en kort nà de culminatie (circummeridiaanhoogten), en berekent daaruit de culminatiehoogte, òf tegen den middagtijd wordt de zonshoogte herhaaldelijk bepaald, waardoor men na eenige oefening, nauwkeurig genoeg het hoogste punt vindt (doordat de zonshoogte weder iets gaat afnemen).

Een andere moeilijkheid is deze: de zon is een schijf van ± ½° middellijn. Men moet dus de culminatie bepalen van het *middelpunt* der zon.

Er zijn nog meerdere moeilijkheden, waarvan we er eenige aanstippen in § 53 en 54.

b. Men kan de geografische breedte ook bepalen met behulp van elke

vaste ster, waarvan de plaats nauwkeurig bekend is. 't Gemakkelijkst bedient men zich van een circumpolaire ster, waarvan men dan de bovenste en onderste culminatie bepaalt; de halve som hiervan is de poolshoogte. Immers: de bovenste culminatie = poolshoogte + poolsafstand van de ster. De onderste culminatie = poolshoogte — de poolsafstand der ster.

De breedtebepaling kan blijkbaar alleen plaats hebben op 't land en beide keeren op dezelfde plaats.

Een tweede manier is, circummeridiaan-waarnemingen te doen, gelijk bij de zon.

Ook kan men *planeten* gebruiken bij de bepaling der geogr. breedte. Maar daar de plaats aan den hemel van deze lichamen niet vast is, moet dan nog een extra-berekening toegepast worden (of een tabel gebruikt, waarin de berekeningen reeds zijn uitgevoerd).

§ 72. **Bepaling van de geografische lengte.** De bepaling der geografische lengte berust op vergelijking van den plaatselijken tijd van twee verschillende plaatsen. Het aantal minuten verschil, gedeeld door 4, geeft het lengteverschil aan (zie bldz. 57). Dit verschil nu wordt bepaald op de volgende manieren:

1. *Telegraaf.* Wil men de lengte van Leiden bepalen ten opzichte van Greenwich, dan zorge men voor een telegrafische verbinding der sterrewachten. Een sein, gegeven in Greenwich, wordt in Leiden practisch op 't zelfde oogenblik ontvangen. Heeft men nu in beide plaatsen den tijd genoteerd, waarop 't sein gegeven en ontvangen is, dan kan men het tijdsverschil berekenen.

Hier is de zaak op zijn *allereenvoudigst* voorgesteld. In werkelijkheid zijn allerlei moeilijkheden te overwinnen.

Met behulp van de radiografie kan men op deze wijze ook op zee tijdseinen ontvangen.

2. *Chronometers.* Elk zeeschip heeft aan boord een of meer chronometers, die van te voren nauwkeurig zijn onderzocht (bv. voor de Nederlandsche schepen in Amsterdam of Rotterdam). De chronometers wijzen indirect den tijd aan van de haven, waar de regeling van het uurwerk heeft plaats gehad, òf van Greenwich. (Men kent nl. het verschil van de tijdsaanwijzing van den chronometer met den tijd van de bedoelde haven).

Stel nu, dat men ergens op den oceaan de bovenste culminatie van de zon waarneemt, en dat de chronometer 3 u. 20 min. (Amsterd. tijd) aanwijst. Het is nu dus 12 u. op de plaats, waar men zich bevindt en 3 u. 20 min. (namiddags) in Amsterdam; we zijn dus Westwaarts van Amsterdam en wel: (3 × 60 min. + 20 min.) : 4 min. × 1° = 50°, dus op 50° W.L. van Amsterdam of 45° W.L. van Greenwich.

3. *Maansverduistering.* Een maansverduistering wordt op alle punten der aarde, waar ze zichtbaar is, tegelijkertijd waargenomen. Als men dus op twee plaatsen den plaatselijken tijd noteert, waarop

't verschijnsel wordt waargenomen, dan kan men daaruit het lengteverschil berekenen.

4. *Verduistering der manen van Jupiter.* Maansverduisteringen komen betrekkelijk weinig voor. Jupiter heeft echter acht manen; men kan dus nog aleens een verduistering van een dier manen door den telescoop waarnemen, en met behulp daarvan evenals bij de verduistering van onze „aardsche" maan, het lengteverschil bepalen.

5. *Lichtseinen.* In plaats van een telegrafisch sein kan men lichtseinen geven tusschen plaatsen, die niet ver van elkaar liggen.

6. *Maansafstanden.* Men kan ook bepalen den afstand tusschen het middelpunt der maan en enkele bepaalde sterren. Daarbij moeten dan nog enkele correcties aangebracht worden en de plaatselijke tijd worden genoteerd. In tabellen vindt men den tijd aangegeven, waarop in Greenwich de afstand van de ster tot het middelpunt der maan 1°, 2°, enz. is. Zoo kan men dus het tijdsverschil vinden en daardoor het lengteverschil.

Opmerking. De eerste en tweede manier worden in de praktijk het meest gebruikt.

Men zal inzien, dat, behalve bij het tweede geval, de methode steeds dezelfde is: men kiest een gebeurtenis, die *op 't zelfde oogenblik* wordt waargenomen en bepaalt dan 't verschil in plaatselijken tijd.

B. DE REVOLUTIE OF JAARLIJKSCHE LOOP VAN DE AARDE OM DE ZON.

I. De Aardbaan.

§ 73. **De aardbaan is een ellips.** De schijnbare grootte van de zon wordt gemeten door den hoek te bepalen, waarvan de beenen zijn: de lijnen van 't oog naar den boven- en onderrand van de zon.

We bevinden nu, dat op 2 Jan. de zon *grooter* schijnt te wezen dan op 2 Juli. Hieruit trekken we de conclusie, dat de aarde op 2 Jan. dichter bij de zon is dan op 2 Juli (dus anders dan men allicht zou meenen). Hieruit volgt weer, dat de zon niet kan staan in het middelpunt van een cirkelvormige aardbaan. (Coppernicus meende, dat de aarde wèl een cirkel beschreef, maar de zon niet in het middelpunt stond).

Wanneer we op een genoegzaam aantal dagen de schijnbare grootte der zon meten, dan is uit deze gegevens langs wiskundigen weg te berekenen, dat de baan der aarde om de zon een *ellips* is.

§ 74. **Een en ander over den ellips.** Een ellips is de meetkundige plaats van alle punten in een plat vlak, van welke de som der afstanden tot twee vaste punten een gegeven waarde heeft.

In een ellips onderscheiden we: de *groote as* (EF), de *kleine as* (DG). Deze staan loodrecht op elkaar en snijden elkaar middendoor in het

geometrisch middelpunt (M). Op de lange as liggen de *twee brandpunten* (A en B) op gelijken afstand van het middelpunt. A en B zijn de twee „vaste punten" uit de definitie. Lijnen, die een brandpunt verbinden met een punt van den omtrek, heeten *voerstralen*. Ze behooren dus twee aan twee bij elkaar (AC en BC; AH en BH; AE en BE; AF en BF; AD en BD). Blijkens de definitie zijn alle *stellen* voerstralen aan elkaar gelijk. Nu is AE + BE = de lange as (want EB = AF). We kunnen dus ook zeggen: *De som van twee voerstralen is gelijk aan de lange as.*

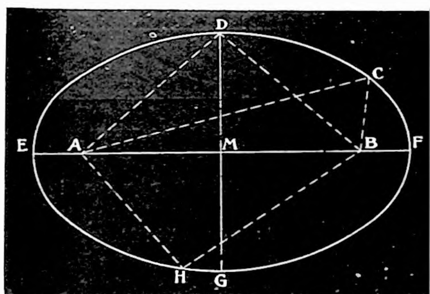


Fig. 37. Ellips met de twee brandpunten en vijf stel voerstralen.

Om in een gegeven ellips de brandpunten te bepalen, beschrijft men uit een der uiteinden van de kleine as een cirkelboog met de halve groote as als straal. De snijpunten van dezen cirkelboog met de groote as zijn de brandpunten.

Een *perk* is een sector van den ellips, d.i. een deel van een ellips, begrensd door twee voerstralen uit een der brandpunten, en den boog der ellips tusschen de uiteinden dier voerstralan. (bv. DAC, DBC, CBF).

(De tuinman, die een elliptisch perk moet maken, zet twee stokken in den grond (in de punten A en B) en verbindt daaraan een touw zonder eind van voldoende lengte. Met een losson stok spant hij nu dit touw en beschrijft, door rond te loopen, een ellips. Op gelijksoortige wijze kan men met twee spelden, een draadje en een potlood een ellips op papier teekenen).

De brandpunten A en B liggen niet in M, het middelpunt. Ze liggen dus *excentrisch*. De lijntjes AM en BM geven de *excentriciteit* aan. Deze kan men op twee manieren in getallen uitdrukken:

1°. Men kan de lengte van AM meten en het gevonden getal heet de *lineaire excentriciteit.*

2°. Men kan berekenen de breuk $\frac{AM}{EM}$. Deze heet de *numerische excentriciteit.*

In den regel geeft men de excentriciteit op de tweede manier aan.

§ 75. **Berekening van de excentriciteit der aardbaan.** Op 2 Jan. 1895 was de schijnbare middellijn van de zon 32′32″ en op

2 Juli 31′28″. Op die dagen is de aarde in de uiteinden van de lange as der aardbaan.



Fig. 38. De excentriciteit der aardbaan is $\frac{1}{60}$, (blijkens waarnemingen op 2 Jan. en 2 Juli).

Blijkbaar is de verhouding van AZ tot BZ omgekeerd evenredig met de schijnbare grootten der zon. Dus:

$$AZ : BZ = 31'28'' \quad 32'32'' = 1888 : 1952 = 59 : 61.$$

Dus $AZ + BZ$ kan voorgesteld worden door het verhoudingsgetal $59 + 61 = 120$. Het middelpunt M ligt dus op een afstand van A en B, welke kan voorgesteld worden door het verhoudingsgetal 60. Hieruit volgt, dat ZM voorgesteldt wordt door 't verhoudingsgetal 1. ZM is de excentriciteit, en deze is dus $\frac{1}{60}$.

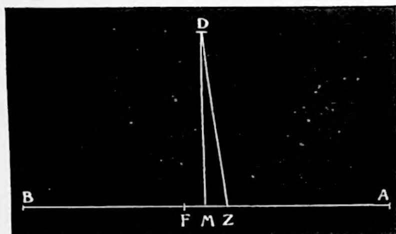


Fig. 39. Als de halve lange as der aardbaan = 60, dan is de halve korte as = 59,991.

Opmerking. De schijnbare middellijn van de zon vindt men voor verschillende jaren iets verschillend opgegeven. De getallen verschillen uitteraard echter weinig. Wij hebben nu twee waarden gekozen, die een flinken Grootsten Gemeenen Deeler hebben. Het getal $\frac{1}{60}$ is ook niet absoluut nauwkeurig, doch slechts een benaderde waarde.

§ 76. **Toepassing op de aardbaan, van onze kennis omtrent den ellips.** We kunnen nu berekenen, door welk verhoudingsgetal de *halve korte as* der aardbaan is aan te geven.

In fig. 39 is AB de lange as der aardbaan; DM is de halve korte as; Z is de zon; F is het andere brandpunt.

$ZD + DF =$ de lange as $= 120$. $ZD = DF$, dus $ZD = 60$, $ZM = 1$. We passen nu het theorema van Pythagoras toe:

$$DM^2 + ZM^2 = DZ^2$$

$$DM^2 = DZ^2 - ZM^2 = 3600 - 1 = 3599$$

$$DM = \sqrt{3599} = 59,991 \ldots$$

§ 77. **De aardbaan verschilt slechts weinig van een cirkel.** Om ons nu een voorstelling te maken van den vorm der aardbaan, stellen we ons voor: een ellips, waarvan de lange as 12 M., dus

12000 mM. is. Dan is de halve lange as dus 6000 mM. en de halve korte as blijkens de voorgaande paragraaf 5999,1... mM. Het verschil tusschen de halve lange en de halve korte as is dus slechts een deel van een millimeter. Het verschil met een *cirkel* van 12 M. middellijn zouden we dus stellig niet kunnen zien. De aardbaan blijkt derhalve een ellips te zijn, die al heel weinig afwijkt van een cirkel.

In den regel ziet men de aardbaan perspectievisch voorgesteld.

§ 78. **Berekeningen.** Nu we weten, dat de aardbaan zoo weinig van een cirkel verschilt, kunnen we, voor *globale* berekeningen, aannemen, dat ze een cirkel *is*.

De gemiddelde afstand van de aarde tot de zon is berekend op ± 150 millioen KM. (= ± 20 millioen GM.) Voor het meer nauwkeurige getal zie § 81.

De aardbaan heeft dus ongeveer een omtrek van $2 \times 3\frac{1}{7} \times \pm 150$ millioen KM. = ± 943 millioen KM. We kunnen door deeling berekenen, hoeveel KM. de aarde per dag, per uur, per minuut, per seconde aflegt, en vinden dan voor de gemiddelde snelheid der aarde per seconde ongeveer 30 KM. Als we dus 5 minuten „stil" zitten, zijn we $5 \times 60 \times 30$ KM. = 9000 KM. opgeschoten op onzen jaarlijkschen weg om de zon.

We kunnen ook zóó rekenen: In 365 dagen legt de aarde haar geheele baan van 360° af, dus per dag ± 1°.

§ 79. **Aarde en Zon; aanschouwelijke voorstelling.** De middellijn van de zon is 1.387.000 KM., dus ruim 100 × die der aarde.

De afstand Zon—aarde is 149½ mill. KM. met een mogelijke fout van 170.000 KM. Dezen afstand noemt men de *astronomische eenheid.* Daarin drukt men nl. uit: den afstand van de vaste sterren tot de aarde.

Als we de getallen wat afronden, dan kunnen we de volgende verhoudingsgetallen vaststellen:

Neem de straal der aarde = 1. Dan is de straal der zon = 100, en de afstand tusschen de aarde en de zon is 24000.

Nemen we nu een globe van 1 dM. middellijn (onze aardglobe) als aarde, dan zou een bol van 10 M. middellijn (dus grooter dan menig huis) de zon voorstellen, en die zouden we ons moeten denken op een afstand van 1200 M. Trek een cirkel met dien straal op een kaart van Uwe omgeving, om eenig idee te krijgen van de verhoudingen in het zonnestelsel.

§ 80. **Oorzaak van den ellipsvorm der aardbaan.** Men neemt tot nog toe vrijwel algemeen aan, dat de stof, waaruit zon, aarde, maan en planeten ontstaan zijn, oorspronkelijk een roteerende beweging bezat. Daaruit zouden dan de bovengenoemde hemellichamen zich door concentratie der stof langzamerhand gevormd hebben. De beweging, die ze door de rotatie der oorspronkelijke massa bezaten, hebben deze hemellichamen grootendeels behouden.

Newton heeft het principe gesteld van de algemeene aantrekkingskracht volgens welke alle lichamen elkaar wederkeerig aantrekken en wel: even-

redig met de massa, doch omgekeerd evenredig met het vierkant van den afstand.

Langs wiskundigen weg kan men nu bewijzen, dat de banen der hemellichamen, die rondom de zon loopen, moeten zijn: *een kegelsnede.*

Er zijn vier kegelsneden: de *cirkel*, de *ellips*, de *parabool*, en de *hyperbool*. Welke van de vier de baan van een lichaam in 't zonnestelsel is, hangt af van de verhouding, die er bestaat tusschen de aantrekkende kracht, welke de planeet ondervindt van de zon, en haar snelheid. Zijn de twee krachten *gelijk*, dan is de resulteerende baan een *cirkel*. Naarmate de oorspronkelijke beweging sneller wordt, ontstaan: een elliptische, een parabolische of een hyperbolische baan. Indien de aantrekkingskracht grooter zou zijn dan de andere kracht, dan zou het hemellichaam *naar* en ten slotte *op* de zon vallen.

De snelheid der aarde nu overtreft de aantrekkingskracht in zulk een mate, dat de aardbaan een *ellips* is. Was de snelheid der aarde 42 KM. per seconde in plaats van 30 KM., dan zou de baan een *parabool* zijn.

§ 81. **Gevolgen van den ellipsvorm der aardbaan.** Tengevolge van den ellipsvorm der aardbaan verandert de afstand van de aarde tot de zon in den loop van een jaar voortdurend en geleidelijk. Maar dan moet ook de aantrekking, die de zon op de aarde uitoefent, voortdurend en geleidelijk veranderen.

Hierdoor is de beweging van de aarde in haar baan niet eenparig: ze loopt sneller, als ze dichter bij de zon is (in Jan.) en langzamer in Juli. Ons getal voor de snelheid der aarde in § 80 is dus slechts een *gemiddelde:* evenzoo onze uitkomst: 1° per dag.

Dit verschil in afstand heeft tengevolge verschil in warmte, die de aarde *als geheel beschouwd* van de zon per dag ontvangt. Maar dit verschil heeft geen beteekenis voor het ontstaan der jaargetijden (zie daarvoor § 91 en vv.).

§ 82. **Nadere beschouwing der aardbaan.** In fig. 40 is de aardbaan voorgesteld. We weten, dat de aarde op 2 Juli zoo vèr mogelijk van de zon af is: 't punt, waar de aarde dan is, heet het *aphelium* (ap = af; helios = zon); op 2 Jan. is ze in 't *perihelium* (peri = bij). De lijn van aphelium naar perihelium is de lange as.

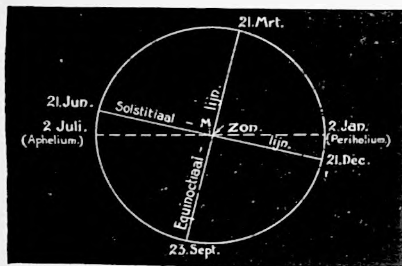


Fig. 40. De voornaamste punten in de aardbaan en de lijnen, die ze verbinden.

In de fig. zijn nu de punten aangegeven, waar de aarde is op de vier

cardinale data van 't jaar. Blijkbaar is de aarde dan niet in de eindpunten van korte en lange as.

De lijn, die de punten verbindt, waar de aarde op 21 Dec. en 21 Juni staat, heet de *solstitiaallijn.* Op die dagen staat de zon in de *solstitia* = *zonnestilstandspunten* (zie § 29).

De lijn, die de punten 21 Maart en 23 Sept. verbindt, heet de *aequinoitiaallijn.* Op die dagen vallen de *aequinoctia* = *gelijkheid van dag en nacht.*

Tellen we de lengte der jaargetijden uit, dan vinden we:

Lente, 21 Mrt. – 21 Juni 92 dagen
Zomer, 21 Juni — 23 Sept. 94 dagen

Zomerhalfjaar 186 dagen.
Winterhalfjaar 365 d. — 186 d. = 179 dagen.

Het zomerhalfjaar *op het Noordelijk halfrond* is dus een week langer dan op 't Zuidelijk halfrond.

Echter: Als 't zomer is op 't Noordelijk halfrond, is de aarde verder van de zon verwijderd, dan wanneer het zomer is op 't Zuidelijk halfrond. Beide halfronden krijgen daardoor toch evenveel warmte in den loop van een jaar.

Men zou nog kunnen meenen, dat het temperatuur verschil tusschen zomer en winter op het Noordelijk halfrond geringer moest zijn, dan op het Zuidelijk halfrond. Maar de verdeeling van land en water heeft *veel* meer te beteekenen dan het verschil in afstand tot de zon, en daardoor is de toestand juist andersom; op het Noordelijk halfrond is over 't geheel het verschil tusschen zomer en winter grooter dan op het Zuidelijk halfrond.

§ 83. **Richting van de aardas ten opzichte van het vlak der aardbaan.** De aardas maakt een hoek van 66½° met haar projectie op het vlak van de aardbaan; ze blijft steeds evenwijdig aan haar vorige standen.

Men ga na, of men dit in fig. 45 ziet. De helft der aarde moet men zich daarbij denken onder het vlak van teekening, dat het vlak der aardbaan voorstelt. Indien men zich den stand der aardas goed voorstelt, dan is daarmee de voornaamste moeilijkheid voor de verklaring der jaargetijden overwonnen. (Vandaar dat we hiervan een aparte § hebben gemaakt).

II. De Ecliptica.

§ 84. **Aardbaan en Ecliptica.** In onderstaande figuur staat de Zon middenin; de binnenste cirkel „is" de aardbaan; de buitenste stelt een doorsnede van 't heelal voor, waarbij we de helft van 't heelal boven, de andere helft onder 't papier moeten denken.

Als de aarde in punt 1 is, dan zien we de zon geprojecteerd op

het hemelgewelf in punt I. Is de aarde in 2, dan zien we de zon geprojecteerd op 't hemelgewelf in punt II; enz.

Van de beweging der aarde om de zon bemerken we op de aarde niets, doordat wijzelf op de aarde zijn. Het *schijnt ons dus toe*, alsof de *zon* zich verplaatst heeft van I over II naar III. In den loop van een jaar zal de zon dus *schijnbaar* een cirkel afleggen langs het hemelgewelf. Die *schijnbare* zonsweg is blijkbaar een projectie van de aardbaan op het hemelgewelf: het middelpunt der zon, het middelpunt der aarde, de aardbaan en de schijnbare zonsweg liggen in één plat vlak. Doordat nu het hemelgewelf een bol is, wordt de projectie van de *elliptische* aardbaan een *cirkel*.

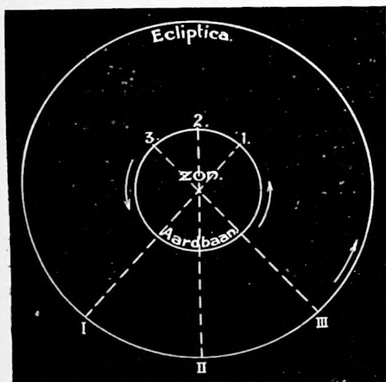


Fig. 11. De Ecliptica is de projectie van den Aardbaan op het hemelgewelf.

De *schijnbare zonsweg* heet: *de Ecliptica*. Dezen naam hebben de Ouden eraan gegeven. Zij hadden nl. opgemerkt, dat eclipsen (= verduisteringen) van zon en maan alleen dàn plaats hebben, als de *maan* in, of vlak bij, deze lijn (de ecliptica) staat.

Aangezien de aarde niet eenparig haar baan beschrijft, zal ook de zon niet met eenparige snelheid langs de Ecliptica schijnen te loopen. Als gemiddelde hebben we gevonden ± 1° per dag (§ 80).

§ 85. **Heliocentrische voorstelling van 't heelal.** Doordat we de beweging van de aarde om de zon hebben leeren kennen, moeten we onze voorstelling van 't heelal weer wijzigen, waardoor ze weer wat juister wordt.

We stellen ons nu voor: 't heelal is een bol. In 't middelpunt staat de zon. Daaromheen loopen eenige hemellichamen. Ver buiten het zonnestelsel staan de *vaste sterren*, verspreid in 't heelal. Maar we zien ze geprojecteerd op het (schijnbare) hemelgewelf.

Aangezien we de zon in 't middelpunt stellen, noemen we deze voorstelling de *heliocentrische*.

§ 86. **Ecliptica en Dierenriem.** De Ecliptica loopt door verschillende sterrenbeelden. Het zijn:

Ram ♈, Stier ♉, Tweelingen ♊,
Kreeft ♋, Leeuw ♌, Maagd ♍,
Weegschaal ♎, Schorpioen ♏, Schutter ♐,
Steenbok ♑, Waterman ♒, Visschen ♓.

Deze sterrenbeelden vormen een gordel van ± 8° aan weerszijden van de Ecliptica. Waarom deze gordel de Dierenriem heet, en waarom zeven van de sterrenbeelden dierennamen hebben, weet men nog niet zeker.

§ 87. **Aardpool en Hemelpool; Aardequator en Hemelequator.** De aardas blijft steeds evenwijdig aan haar vorige standen. In een jaar beschrijft de aarde een baan om de zon. Men zou dus geneigd zijn te denken, dat de Noordpool der aarde als 't ware een kring beschrijft om de Noordpool des Hemels. De Noordpool des hemels is echter oneindig ver weg. Bij dien afstand *valt in 't niet* het kleine kringetje, dat de aarde in een jaar beschrijft. We kunnen dus zeggen: *De aardas is steeds gericht naar de Noordpool des hemels. Aardas en hemelas vallen samen.*

Hetzelfde geldt van aardequator en hemelequator. We kunnen van deze zeggen: *De hemelequator is de projectie van den aardequator op het hemelgewelf.*

§ 88. **Ecliptica en Hemelequator.** In fig. 42 stelt de buitenste cirkel het hemelgewelf voor, dat we ons half vóór, half achter het vlak van teekening moeten denken. Middenin staat de zon Z. en de kleine ellips er om heen is de aardbaan (perspectievisch voorgesteld).

DLEH is de hemelequator, GALFH is de Ecliptica. Dit zijn twee grootcirkels aan den hemel en ze snijden elkaar dus middendoor. De snijpunten heeten: Lentepunt (L) en Herfstpunt (H).

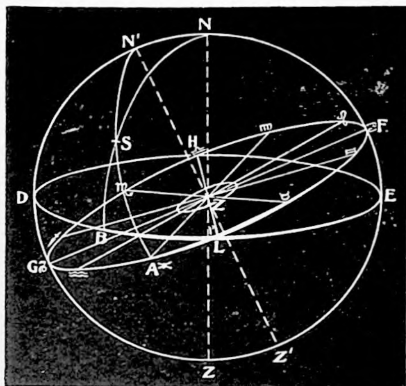


Fig. 42. Hemelequator en Ecliptica.

N is de Noordpool van den hemelequator; Z de Zuidpool; NZ is dus de hemelas ∠ NZE = 90°.

N' is de Noordpool der Ecliptica; Z' de Zuidpool. ∠ NZF = 66½°; ∠ N'ZF = 90°; ∠ DLG = 23½°; = bg DG = bg FE = ∠ NZN'.

Wanneer we de globe willen stellen overeenkomstig de figuur, dan moeten we den equator doen samenvallen met den bedrukten rand. Deze stelt nu den hemel-

4. Een *astronomische breedtecirkel* is een (halve) cirkel gaande van de Noordpool der Ecliptica naar de Zuidpool der Ecliptica.

Een *astronomische lengtecirkel* is een cirkel evenwijdig aan de Ecliptica.

N.B. Men lette op 't verschil tusschen een geografischen breedtecirkel en een astronomischen.

5. *Astronomische breedte* is: A de kortste boog van de ster naar de Ecliptica. (Het is dus een boog van den astronomischen breedtecirkel.)

B.: de hoek, gevormd door de gezichtslijn naar de ster, en haar projectie op 't vlak van de Ecliptica.

6. *Astronomische lengte* eener ster is:

A. de boog van de Ecliptica, te beginnen bij het Lentepunt ('t punt ♈), te eindigen bij het snijpunt van den astronomischen breedtecirkel over de ster en de Ecliptica, en geteld van 't Lentepunt tegengesteld aan de schijnbare dagelijksche beweging van de zon.

B. de tweevlakshoek, gevormd door het vlak van den astronomischen breedtecirkel van het punt ♈ (het Lentepunt) en het vlak van den astronomischen breedtecirkel over de ster.

7. Opgave. 1. Repeteer de definities van § 13, § 19 en § 93.

2. Vergelijk de definities van toppunt, Noordpool der aarde, Noordpool des Hemels; Noordpool der Ecliptica.

b. Verticaalcirkel, geografische lengtecirkel, declinatiecirkel, astronomische breedtecirkel.

c. Geografische breedtecirkel, astronomische lengtecirkel.

d. Horizon, aardequator, hemelequator, ecliptica.

e. Hoogte, geografische breedte, declinatie, astronomische breedte.

f. Azimut, geografische lengte, Rechte Klimming, astronomische lengte.

§ 92. **Astronomische lengte en breedte van de zon.** De zon staat (schijnbaar) altijd in de Ecliptica. De *astronomische breedte is dus altijd 0°.*

Op 21 Maart staat de zon in 't Lentepunt. Dan is de astronomische lengte dus = 0°. Op 21 Juni is de astronomische lengte van de zon blijkbaar 90°; op 23 September 180°; op 21 Dec. 270°. Nu kennen we dus de lengte van 't Lente, Zomer-, Herfst- en Winterpunt.

In 365 dagen legt de Zon 360° af. Per dag dus ongeveer 1°. *Bij benadering* kunnen we dus de lengte van de zon op een gegeven datum bepalen door een eenvoudige berekening. Stel, dat we willen weten, hoe groot ongeveer de lengte van de zon is op 12 Juli, dan redeneeren we: Op 21 Juni is de lengte van de zon 90°; we doen er bij 21 graden voor de overblijvende 21 dagen; de gevraagde lengte is dus ongeveer 111°. (Zie voorts § 101).

§ 93. **Gevolgen van de jaarlijksche beweging van de aarde om de zon.** 1. Doordat de aarde om de zon loopt, zullen we, als we in de opeenvolgende maanden op eenzelfde uur, bv. 's nachts te twaalf uur, naar den sterrenhemel zien in noordelijke richting, telkens in een andere richting kijken. Van de verplaatsing der aarde in haar baan bemerken we niets, doch 't schijnt ons nu toe, alsof het hemelgewelf draait in tegengestelde richting (zie § 17.)

2. Op bldz. 78 wordt nader aangetoond, dat het ontstaan der jaargetijden o. m. een gevolg is van de revolutie.

3. In hoofdstuk X wordt aangetoond, dat constante gevolgen van de revolutie zijn: de praecessie; de aberratie en de parallaxe.

Juist omdat deze drie gevolgen zich alle volkomen laten verklaren door de revolutie, kunnen ze dienst doen als *bewijzen* voor de revolutie.

4. In hoofdstuk VII wordt aangetoond, welke beteekenis de revolutie heeft voor de tijdrekening.

Deze gevolgen zijn van zooveel beteekenis, dat we ze in afzonderlijke hoofdstukken behandelen (uitgezonderd n°. 1).

HOOFDSTUK V.

Verklaring van het ontstaan der jaargetijden.

§ 94. **Inleidende opmerkingen over de verlichting en verwarming der zon.** 1. Als een voorwerp sterker verlicht wordt, wordt het ook sterker verwarmd. Wel is de toename en afname van de lichtsterkte niet altijd evenredig met de toe- of afname van de warmte, maar dit verschil wordt in leerboeken als dit verwaarloosd.

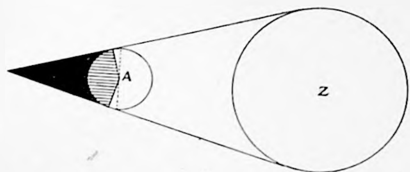


Fig. 43 Een kleinigheid, die we verwaarloozen: De zon beschijnt iets meer dan de helft der aarde.

2. De zon is grooter dan de aarde. Ze beschijnt dus meer dan de helft der aarde. De figuur geeft dit *sterk* overdreven aan.

De strook van de aarde, die meer dan de helft beschenen wordt, zou 28 KM. breed zijn, doch wordt, door de straalbreking 60 KM. breed. Dit is betrekkelijk weinig en daarom wordt dit verschil verwaarloosd, en we rekenen dus verder, alsof precies de *helft der aarde door de zon wordt verlicht.*

3. Uit deze zelfde figuur blijkt, dat de zonnestralen niet evenwijdig op de aarde vallen. Een eenvoudige overweging toont aan, dat het ver-

schil met de evenwijdigheid slechts uiterst gering is: De schijnbare grootte van de zon is nl. ± ½°. Zoo groot is dus de grootste hoek, dien twee zonnestralen, op een zelfde punt op aarde vallende, kunnen maken.

We rekenen daarom in 't vervolg, dat de *zonnestralen alle evenwijdig aan elkaar op aarde vallen.*

4. Invloed van den bolvorm op de verlichting (en verwarming) der aarde.

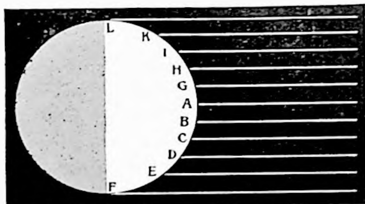


Fig. 44. Een gevolg van den bolvorm der aarde verschil in verlichting en verwarming.

Als nu een bundel evenwijdige zonnestralen de bolvormige aarde treft, dan merken we op:

a) Slechts één straal valt loodrecht op het aardoppervlak (in A). Het is die straal, welks verlengden door de middelpunten van zon en aarde gaan. We noemen die voortaan: *de loodrechte straal.*

b) Hoewel de opvolgende bundels zonnestralen in de teekening even breed zijn, blijkt toch, dat ze *niet* gelijke deelen der aardoppervlakte verlichten en verwarmen. Dit is blijkbaar een gevolg van den bolvorm der aarde. De verlichting en verwarming wordt minder, naarmate men zich verder verwijdert van het punt A, waarop de loodrechte straal valt.

c) Als we ons voor den geest stellen, dat de cirkel in onze figuur de *bolvormige* aarde moet voorstellen, dan zal blijken, dat de verlichting en verwarming niet alleen afnemen naar 't N. en 't Z., doch naar alle richtingen. 't Punt A is dus 't middelpunt van de verlichte helft der aarde.

§ 95. **Het ontstaan der jaargetijden.** Het ontstaan der jaargetijden is het gevolg van drie oorzaken, welke samenwerken:

1°. De aarde loopt in een jaar om de zon.

2°. De aarde maakt een hoek van 66½° met haar projectie op het vlak van de aardbaan.

3°. De aardas blijft steeds evenwijdig aan „zichzelf", d.w.z. aan haar vorige standen.

In fig. 45 is de ellips (die een cirkel lijkt) de aardbaan. Bij het geometrisch middelpunt staat M, en de Zon staat daar blijkbaar iets van af (excentrisch). Rondom de aardbaan moeten we ons de Ecliptica denken, welker teekens we achter de verschillende beelden der aarde hebben aangegeven. De juiste plaats van het Teeken Ram (♈) is dus *niet*, waar het teeken staat, doch heel ver buiten de figuur, in de richting van de straal, die van de zon is getrokken naar de plaats der aarde op 23 September. Indien we ons nu denken te zijn op de plaats der aarde op 21 Maart, dan zien we op dien datum de zon geprojecteerd in 't begin van het Teeken Ram, enz.

Den aardbol moeten we ons denken voor de helft boven, voor de

helft onder 't papier. De stand der aardas is nu op te maken uit de ligging der Noordpool. Op den aardbol zijn enkele breedtecirkels en lengtecirkels geteekend. Een van die lengtecirkels is als rechte lijn voorgesteld: die staat dus loodrecht op 't vlak van teekening. Die 12 lijntjes loopen evenwijdig en in 't vlak van die meridianen ligt de aardas, waarvan we de Noordpool zien. Hierdoor kan men zich een voorstelling maken van de evenwijdigheid der aardas tijdens de revolutie. Het middelpunt der

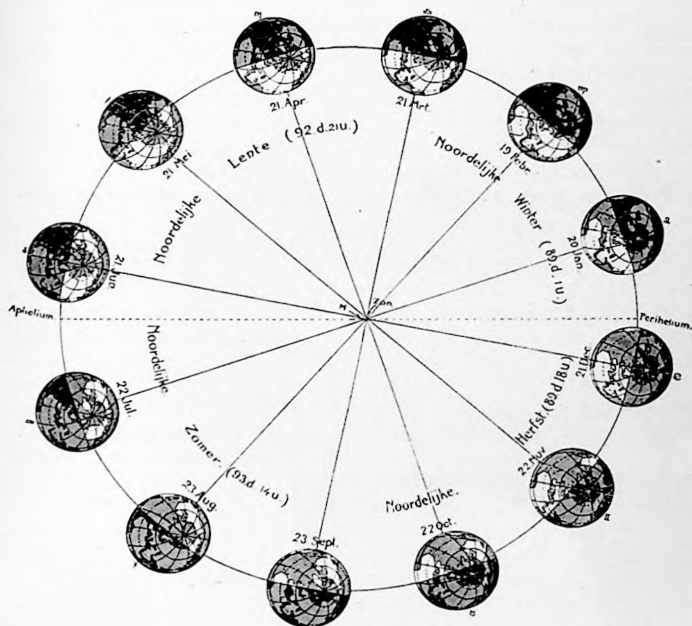


Fig. 16. Ontstaan der Jaargetijden.

aarde is te denken: loodrecht onder 't middelpunt van den cirkel, die den aardbol voorstelt (dus in 't vlak der aardbaan).

De aarde is steeds voor de helft verlicht. In de donkere helft is de oceaan zwart, in de verlichte helft grijs getint; in de donkere helft is 't land grijs, in de verlichte helft wit gekleurd.

Wanneer men er om denkt, dat de aardbol om zijn as draait, dan kan men zich de wisseling van dag en nacht voorstellen. Voorts kan men veel, van wat besproken wordt op bldz. 75 tot 77 in deze figuur ook

zien, al is 't dan op kleinere schaal en in een andere projectie.

Op 21 Dec. is de Noordpool der aarde van de zon afgekeerd. Nu blijkt, dat de loodrechte straal de aarde treft ten Z. van den evenaar. Daar is dus het warmste punt op aarde, het middelpunt van de verlichte helft. Het is dus zomer op het Zuidelijk Halfrond, en winter op het Noordelijk halfrond.

Op 21 Juni staat de Noordpool der aarde naar de zon gekeerd. Daardoor valt de loodrechte straal nu ten Noorden van den evenaar. Het is dus zomer op het Noordelijk halfrond, en winter op 't Zuidelijk halfrond.

Het is duidelijk, dat halverwege tusschen 21 Dec. en 21 Juni een dag moet zijn, waarop de zonnestralen juist op den evenaar vallen. Dat is op 21 Maart en 23 Sept. het geval.

Hiermede is de hoofdzaak verklaard. Ons rest nog na te gaan: Hoe is nu precies de verlichting der aarde op de vier cardinale data met al wat daarbij te pas komt, en: Hoe zouden de jaargetijden zijn, als een der drie oorzaken, op bldz. 78 genoemd, anders was.

§ 96. **De verlichting der aarde op de vier cardinale data.**

I. 21 December.

1.- *Verband tusschen den hoek, dien de aardas maakt met haar projectie op het vlak der aardbaan, en de ligging der Keerkringen.*

De loodrechte straal (Zon —P) (fig. 46) ligt in 't vlak van de aardbaan; haar verlengde MA dus ook. ∠ AMN = 66½°; ∠ NME = 90°. Voegen we bij de som dezer hoeken nog ∠ EMP, dan hebben we een gestrekten hoek of 180°. ∠ EMP is dus 180°—(66½° + 90°) = 23½°, dus *het complement van den hoek, dien de aardas maakt met het vlak der aardbaan.*

Het punt P, waar de zon loodrecht boven staat, ligt dus 23½° ten Z. van den evenaar. Draait nu de aarde op 21 Dec. om haar as, dan zal blijkbaar elk punt van den breedtecirkel, die 23½° bezuiden den evenaar ligt, „onder de zon" doordraaien, d.w.z. een oogenblik loodrecht door de zon worden beschenen. Men zegt nu: de zon staat op 21 Dec. loodrecht boven den *Zuiderkeerkring*

Fig. 46. Verlichting der aarde op 21 December.

2. *De Schaduwcirkel.*

Het punt P is het middelpunt van de verlichte helft der aarde We kunnen dus met dit punt als middelpunt een grootcirkel trekken, die de ver-

lichte helft afscheidt van de onverlichte. Die cirkel heet de *schaduwcirkel.*

De schaduwcirkel staat loodrecht op de lijn Zon—PMA. We hebben nu:

$$\angle\ AML = 90°$$
$$\angle\ AMN = 66\tfrac{1}{2}°$$
$$\overline{}\ \text{af}$$
$$\angle\ NML = 23\tfrac{1}{2}° = \text{bg. NL.}$$

3. *Verlichting van de Noordpool.*

Als we er nu om denken, dat de aarde om haar as draait in een etmaal, dan blijkt:

1°. De Noordpool ligt op 21 Dec. in de onverlichte helft der aarde.

2°. De bolkap, welke ligt binnen een cirkel, 23½° van de Noordpool af, ligt eveneens binnen de onverlichte helft. Deze cirkel heet de *Noordpoolcirkel.* Alle punten binnen den Noordpoolcirkel hebben op 21 Dec. dus een nacht van 24 uur.

4. *Verlichting van de Zuidpool.*

Door een overeenkomstige redeneering vinden we, dat het punt R 23½° van de Zuidpool is verwijderd, en dat bij draaiing der aarde om haar as, alle punten binnen den Zuidpoolcirkel in de verlichte helft blijven.

Opgave. Plaats de globe zóó, dat de as een hoek van 66½° maakt met haar projectie op het vlak van den algemeenen horizont. Beschouw dit vlak als het vlak van de aardbaan. Snijd uit carton een halven cirkel, die op de globe past. Deze kan dienst doen als schaduwcirkel. Ga nu na, wat in deze paragraaf is besproken.

5. *Lengte van dag en nacht op 21 December.* (Zie fig. 46.)

Uit de fig. blijkt omtrent de lengte van dag en nacht op 21 Dec. op verschillende breedten op aarde:

a) Binnen den Zuidpoolcirkel is op 21 Dec. overal een dag van 24 uur.

b) Hoe meer we ten Noorden v. d. Zuidpoolcirkel komen, des te meer neemt de lengte van den dag af en die van den nacht toe.

c) Op den Evenaar is de lengte van dag en nacht gelijk.

d) Binnen den Noordpoolcirkel is de dag 0 u., 0 min., 0 sec. en de nacht 24 uur.

6. *Zonsmeridiaanshoogte op 21 December.*

In 't punt P is de zonsmeridiaanshoogte 90°. Van P af neemt naar 't N. en 't Z. de zonsmeridiaanshoogte voortdurend af, gelijk met den afstand in graden van 't punt P.

't Punt E bv. ligt 23½° van P verwijderd. De zonsmeridiaanshoogte op 21 Dec. is dus in E (d. i. op den Evenaar) 90°—23½° = 66½°.

Amsterdam, op 52½° N.B., ligt 52½° + 23½° = 76° van den Zuiderkeerkring verwijderd. De zonsmeridiaanshoogte is dus op 21 Dec.: 90°—76° = 14°. (Zie § 29, waar we die hoogte hebben *waargenomen.*)

De Noordpoolcirkel ligt op 66½° + 23½° = 90° van den Zuiderkeerkring. De zonsmiddaghoogte op 21 Dec. is dus aan den Noordpoolcirkel 90° — 90° = 0°.

We vinden dus den volgenden regel:

De zonsmiddaghoogte op 21 Dec. voor een willekeurige plaats op aarde, is het complement van den afstand in graden van deze plaats naar den Zuiderkeerkring.

Komen we nu nog noordelijker dan den Noordpoolcirkel, dan blijft de zon 's middags te 12 uur onder den horizon. Een plaats op 75° N.B. bv. is van den Zuiderkeerkring verwijderd: 75° + 23½° = 98½°. De zon staat dus 8½° *onder* den horizon op 21 Dec.

Een plaats op 75° Z.B, daarentegen is 75° — 23½° = 51½° van den Zuiderkeerkring verwijderd. De zon staat daar op 21 Dec. te 12 uur 90° — 51½° = 38½° *boven* den horizon.

II. 21 Juni.

Op 21 Juni is de Noordpool der aarde naar de zon gekeerd. Het blijkt, dat de loodrechte straal ZP (fig. 47) nu valt op 23½° N.B. De Noorderkeerkring draait op dezen datum „onder de zon door", d.w.z. alle punten van den Noorderkeerkring worden één oogenblik ('s middags te 12 uur) loodrecht door de zon beschenen.

Uit de figuur blijkt nu duidelijk de verlichting van de Noordpool en alle punten binnen den Noordpoolcirkel; de verlichting van de Zuidpool en alle punten binnen den Zuidpoolcirkel; de lengte van dag en nacht op den evenaar; op 't noordelijk halfrond zijn nu de dagen langer dan de nachten, op 't zuidelijk halfrond korter.

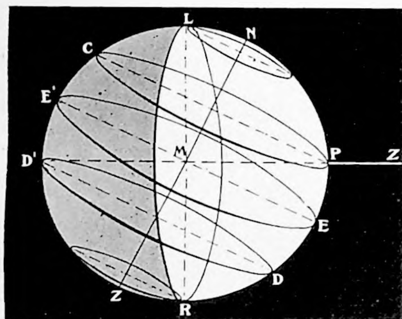


Fig. 47. Verlichting der aarde op 21 Juni.

De zonsmeridiaanshoogte is 90° op den Noorderkeerkring en neemt van hier geleidelijk af. Men heeft slechts na te gaan, hoeveel graden een plaats is verwijderd van den Noorderkeerkring. Het complement van dat aantal graden is de zonsmeridiaanshoogte.

Bv.: Amsterdam ligt op 52½° N.B., dus 52½° — 23½° = 29° van den Noorderkeerkring. De zonsmiddaghoogte op 21 Juni is dus 90° — 29° = 61°. (Zie § 29, waar we die hoogte hebben *waargenomen.*)

III. 21 Maart.

Op 21 Maart staat de zon juist boven den evenaar. De schaduwcirkel loopt nu dus juist over de beide polen, en valt daardoor samen met een meridiaancirkel. Alle parallelcirkels worden dus middendoor gedeeld en op *de geheele aarde* zijn dag en nacht even lang.

Op den evenaar is de zonsmeridiaanshoogte 90°. Hoe verder van den evenaar we zijn, des te geringer is de zonsmiddaghoogte. Blijkbaar moeten we dus de geografische breedte aftrekken van 90°, om de zonsmiddaghoogte te vinden.

Bv.: In Amsterdam *berekenen* we de zonsmeridiaanshoogte op 21 Maart op 90° — 52½° = 37½°. Dit klopt met onze *waarneming* op bldz. 26.

IV. 23 September.

Weer staat de zon boven den evenaar, en de toestand is dus gelijk aan dien op 21 Maart.

Opgaven. 1. Ga met de globe de details na, hiervóór behandeld.
2. Bereken de zonsmeridiaanshoogte op de 4 cardinale data voor: Batavia, Calcutta, Rome.

§ 99. **Loodrechte Sfeer, Schuine Sfeer, Parallelle Sfeer.**

1. Als we de globe zetten voor de breedte van den Evenaar, dus voor 0°, dan zien we, dat op de vier cardinale data de banen der zon (d. z. evenaar en de beide keerkringen), *loodrecht* staan op den horizon. Dezen stand noemen we: de *loodrechte sfeer*.

Aangezien de zonnebanen altijd evenwijdig zijn aan elkaar, *komt de zon aan den Evenaar dus altijd loodrecht op en gaat ook zoo onder*. Verder worden alle zonsbanen door den horizon middendoor gedeeld: *Dag en nacht zijn dus op den evenaar altijd even lang*. De zon gaat precies te zes uur op en te zes onder. De *zonsmeridiaanshoogte* blijkt te zijn: op 21 Maart en 23 Sept. 90°; op 21 Juni 66½° (Noordelijk) en op 21 Dec. 66½° (Zuidelijk). Op 21 Maart en 23 Sept. *'s middags te 12 uur*, geeft een loodrecht geplaatste stok geen schaduw; van 21 Maart tot 23 Sept. valt de schaduw 's middags te 12 uur naar 't Zuiden; in 't andere halfjaar naar 't Noorden.

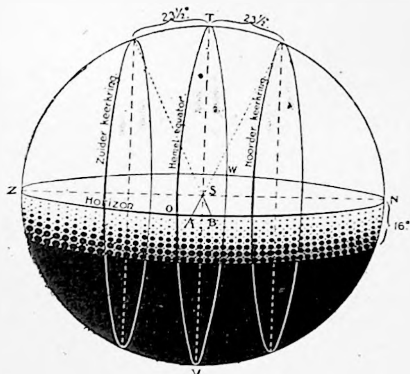


Fig. 48. De loodrechte sfeer. Deze geldt voor alle plaatsen op den evenaar. (De lijntjes SA en SB hebben geen beteekenis).

Blijkbaar is het amplitudo der zon bij de loodrechte sfeer steeds gelijk en gelijknamig aan de declinatie der zon.

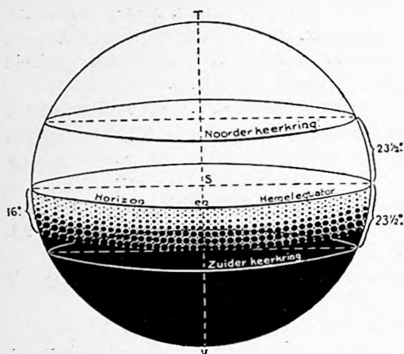


Fig. 49. De parallelle sfeer (aan de Noordpool). (Deze geldt slechts voor twee punten op aarde: de Noordpool en de Zuidpool).

2. Stellen we de globe voor de Noordpool, dan blijken de zonsbanen evenwijdig te loopen aan den horizon. Evenaar en horizon vallen samen; de Noorderkeerkring ligt 23½° boven en parallel met den horizon; de Zuiderkeerkring ligt 23½° onder den horizon.

Aangezien de dagbogen van de zon evenwijdig zijn aan den horizon, spreekt men hier van: *de parallelle sfeer.*

Op 21 Maart loopt de zon juist langs den horizon. Ze blijft dan verder dag en „nacht" er boven, beschrijft voortdurend banen, evenwijdig aan den horizon, doch steeds iets hooger. Op 21 Juni beschrijft ze den N. keerkring, dus een boog 23½° boven en parallel aan den horizon. Daarna daalt ze gelijdelijk, tot ze op 23 Sept. weer langs den horizon loopt. Een half jaar is ze boven den horizon geweest, een half jaar zal ze nu er onder blijven. De lange poolnacht is ingetreden, die alleen verkort wordt door de schemering, en nu en dan afgebroken door het Noorderlicht.

N.B. De opvolgende banen der zon vormen tezamen een spiraallijn aan den hemel.

3. Stellen we nu de globe voor een willekeurige plaats tusschen den evenaar en een der polen. Dan blijken de dagbogen der zon schuin te staan op den horizon: *de schuine sfeer.*

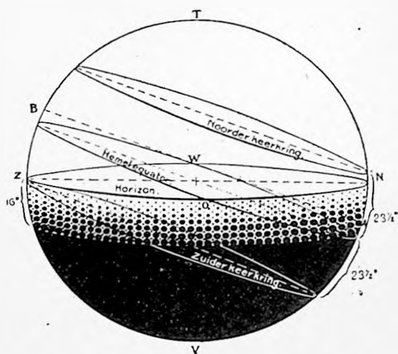


Fig. 50. De schuine sfeer (voor 70° N.B.). Alle plaatsen op aarde hebben den schuinen hemelstand, behalve die, welke op 0° of 90° breedte liggen.

In de fig. is de hemelbol voorgesteld voor een breedte van 70° Noordelijk.

Op 21 Maart komt de zon precies in 't Oostpunt op. De amplitudo's worden grooter totdat ze 90° bereikt hebben. Dan blijft de zon verder boven den horizon tot 21 Juni en daarna nog evenveel dagen, als vóór 21 Juni.

Dan komt er een dag, dat het amplitudo weer 90° is, en daarna worden de amplituden weer kleiner tot 23 Sept. Op 23 Sept. is het amplitudo 0°. Daarna wordt het weer grooter. (Hoe groot, dat hangt in 't algemeen ervan af, hoe schuin de dagbogen der zon op den horizon staan: hoe schuiner bogen, hoe grooter amplitudo's, totdat de grens (90°) is bereikt).

De culminatiehoogte van de zon is te berekenen volgens § 98.

De streken tusschen den Evenaar en de Poolcirkels (de Noordelijke en Zuidelijke gematigde zône) hebben steeds afwisseling van dag en nacht. De streken noordwaarts v. d. Noordpoolcirkel en zuidwaarts van den Zuidpoolcirkel (de Noordel. en Zuidelijke poolzône of koude zône) hebben minstens één nacht van 24 uur, en een halfjaar later een dag van gelijke lengte.

In de streken tusschen de Keerkringen is het verschil in zonsmeridiaanshoogte niet zoo heel groot. Men noemt deze zône: de tropische zône en spreekt daar niet van zomer en winter.

N.B. De keerkringen heeten: de Tropen. Bij overdracht noemt men ook de streek tusschen de keerkringen: de Tropen of de Tropische streken.

§ 100. **De Schemering.** Op bldz. 43 zagen we, dat de zon nog zichtbaar is, even nadat ze onder den horizon is gekomen. De oorzaak daarvan is de straalbreking.

De *weerkaatsing* heeft tot gevolg, dat we de stralen van de zon nog zien, als ze reeds veel dieper onder den horizon gedaald is. Het flauwe licht, dat we hierdoor ontvangen, heet *de schemering*.

Men onderscheidt *astronomische* en *burgerlijke schemering*. De astronomische schemering duurt, totdat de zon 16° (volgens anderen 18°) onder den horizon is gedaald. De strook 16° onder den horizon heet: *de schemeringgordel*. De burgerlijke schemering duurt zoolang, als we met normale oogen buiten, gedrukt schrift van gemiddelde grootte nog kunnen lezen. Deze grens is blijkbaar niet heel scherp. Dit blijkt trouwens in ieder gezin, als men zit te schemeren: de een vindt dan, dat het „al zoo donker" is, en de ander vindt het „nog zoo licht."

Aan den evenaar gaat de zon loodrecht door den schemeringgordel (zie fig. 48). Voor dien weg van 16° heeft ze 16 × 4 min. = 64 min. noodig. De burgerlijke schemering is ⅓ à ¼ der astronomische, dus een groot kwartier. Dag en nacht gaan dus hier snel in elkaar over.

Aan de Noordpool (zie fig. 49) beschrijft de zon banen, evenwijdig aan den horizon. Ze blijft dus lang in den schemeringgordel en wel zóólang, totdat ze 16° (of 18°) Zuiderdeclinatie heeft. Dan eerst houdt de astronomische schemering op. Dat is op 6 Nov., en nu eerst begint de donkere poolnacht. Maar zoodra de zon weer 16° (of 18°) Zuiderdeclinatie heeft, begint de schemering weer (op 5 Febr.) Hierdoor wordt de poolnacht dus aanmerkelijk verkort.

Aan de Zuidpool is een gelijksoortige toestand.

In de streken met schuine sfeer (zie fig. 50) loopt de zon schuin door den schemeringgordel. De schemering duurt daar dus langer, naarmate de banen schuiner staan.

Voor onze streken doet zich nog een bijzonder geval voor: op 21 Juni daalt de zon slechts 14° beneden den horizon. En de schemeringgordel strekt zich uit tot 16° (of 18°) beneden den horizon. Op 21 Juni zal dus *de geheele nachtboog* van de zon vallen in den schemeringgordel: avond- en morgen-schemering sluiten bij elkaar aan. Blijkbaar zal dit óók het geval zijn eenige dagen vóór en na 21 Juni, en wel zóó lang, totdat de zon juist 16° (of 18°) beneden den horizon komt.

Op 21 Juni heeft de zon 23½° Noorderdeclinatie en komt ze 14° onder den horizon. Als de zon dus 21½° Noorderdeclinatie heeft, zal ze 16° onder den horizon komen. Dit is 't geval op 28 Mei en 15 Juli. Tusschen die beide data hebben we dus onze heldere zomernachten.

We moeten nu nog trachten te vinden, welke de uiterste breedte is, waar avond- en ochtendschemering nog aan elkaar sluiten, en redeneeren daartoe aldus:

De schemeringgordel gaat tot 16° onder den horizon. Zóó ver kan dus de zon dalen, en dan valt nog juist de zonnebaan binnen den schemeringgordel. Dit moet zijn op 21 Juni (op het *Noordelijk* halfrond).

We hebben dus:

Op 21 Juni is de onderste culminatie der zon op de door ons gezochte breedte 16°. Dan is ze op 21 Maart 16° + 23½° = 39½. Dit is blijkbaar tevens de equatorhoogte van de gezochte breedte. De poolshoogte is dus 90° - 39½° = 50½°. Op deze breedte heeft men dus één nacht, waarin avond- en ochtendschemering aan elkaar sluiten. Komen we verder noodwaarts, dan geschiedt dit in een steeds grooter aantal nachten.

§ 99. **Hoe zouden de jaargetijden zijn, als een der drie oorzaken, in § 95, veranderde.** Als we aannemen, dat de aarde niet om de zon liep, doch stilstond (en de zon ook) en overigens de andere twee oorzaken bleven, zooals ze waren, dan zouden er blijkbaar geen jaargetijden zijn, want de zonshoogte bleef het geheele jaar gelijk.

Indien we aannemen, dat de aardas niet evenwijdig bleef aan zichzelf doch de twee andere oorzaken bleven gelijk, dan ontstaan zooveel mogelijkheden, dat het onmogelijk is na te gaan, wat dan wel de gevolgen zouden kunnen wezen. Dit geval moeten we dus laten rusten.

Nu blijft nog over, dat we aannemen, dat de hoek, dien de aardas maakt met haar projectie op het vlak van de aardbaan, een andere was dan 66½°, terwijl de beide andere oorzaken onveranderd bleven.

De twee uiterste standen, die de aardas zou kunnen hebben, zouden dan zijn, dat ze een hoek van 90° of een hoek van 0° met het vlak der aardbaan maakte.

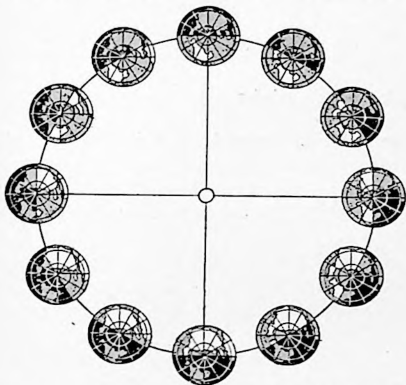


Fig. 51. Geen jaargetijden bij een loodrechten stand der aardas.

Uit fig. 51 blijkt, dat bij loodrechten stand der aardas er geen jaargetijden zouden zijn, en dag en nacht steeds even lang.

Uit fig. 52 blijkt, dat bij liggenden „stand" der aardas het geheele Noordelijk Halfrond minstens één dag van 24 uur zou hebben, en minstens één nacht van 24 uur.

Een punt op den evenaar had 363 (of 364) dagen van 12 uur en twee van 24 uur (dan loopt de zon langs den horizon).

De Noordpool had een halfjaar nacht en een halfjaar dag. In 't midden van het daghalfjaar stond de zon dan loodrecht boven de Noordpool en heerschte er een tropische hitte; in 't midden van het nacht-halfjaar stond de zon 90° onder den horizont der Noordpool en was het er dus nog kouder dan nu 's winters.



Fig. 52. Bij „liggenden" stand der aardas zou het verschil tusschen de jaargetijden zoo groot mogelijk zijn. (De zon moet gedacht worden in 't midden van den cirkel (= aardbaan).

Een punt op 50° N.B. zou nacht hebben gedurende ongeveer 100 etmalen en ook een dag van ongeveer 100 etmalen. Daartusschen zouden twee perioden van ongeveer 80 dagen liggen. In de eene zouden de dagen aangroeien van 0 tot 24 uur, en in de andere af-

nemen van 24 tot 0 uur. De wisseling der jaargetijden zou dus over de heele aarde zoo sterk mogelijk zijn. Het blijkt, dat de hoek van 66½° nog zoo onvoordeelig niet is voor ons, menschen.

HOOFDSTUK VI.

Gebruik van de globe. 1)

§ 100. **Inrichting van de globe.** De globe is beteekend met de werelddeelen en -zeeën. Bij 't meerendeel der vraagstukken echter moeten we de globe beschouwen als voor te stellen: de hemel. We gebruiken haar dus als hemelglobe en moeten dan alle teekening, behalve 't graadnet en de ecliptica, wèg denken.

Bij alle vraagstukken omtrent den loop der zon stellen we ons nù op het (onjuiste) standpunt, alsof de aarde stond in het middelpunt van het hemelgewelf, en alsof de zon om de aarde liep in 365 dagen: de geocentrische voorstelling van het heelal dus.

De platte rand rondom de globe heet: *de algemeene horizon,* aangezien ze voor alle punten op aarde als horizon kan dienen. Deze is dan de *ware* horizon, want het vlak van den algemeenen horizon gaat door het middelpunt der aarde (die immers in 't middelpunt der globe moet gedacht worden.)

De staande cirkel, waarin de globe draait, snijdt den algemeenen horizon loodrecht in het Noordpunt en het Zuidpunt. Het is dus de meridiaan (zie bldz. 11) uit het horizontstelsel, en aangezien we elke plaats op de globe er onder kunnen draaien, heet deze cirkel: *de algemeene meridiaan.*

In het hemelequatorstelsel hoort deze cirkel óók thuis. Daar heet hij declinatiecirkel, en omdat we alle punten van de hemelglobe eronder kunnen brengen, heet hij: *algemeene declinatiecirkel.*

Op den algemeenen horizon is ten eerste een verdeeling aangebracht (aan den binnensten rand) van 360 graden, te beginnen bij het Zuidpnnt, in de richting van het Westpunt. Deze verdeeling dient voor het aflezen van het azimut, en die hebben we dan ook gebruikt bij de opgave op bldz. 6.

Vervolgens is er een verdeeling in 4 kwadranten ten N. en ten Z. van het Oostpunt en van het Westpunt. Deze hebben we noodig gehad voor de bepaling van de morgen- en avondwijdte in § 28.

---

1) Globe met armatuur ten gebruike bij de studie voor de Hoofdacte. Uitgave van J. B. Wolters.

Dan volgt een verdeeling in 360 graden. Daaromheen vinden we de teekens van de Ecliptica. Daarbuiten is een verdeeling in 365 gelijke deelen (de dagen van 't jaar), welke overeenstemt met den cirkel er omheen, die in de 12 maanden verdeeld is. Het punt: 21 Maart en het beginpunt van het teeken: de Ram liggen op dezelfde straal van den horizon. Gewoonlijk laat men deze punten samenvallen met het Oostpunt. Dit is echter niet noodzakelijk: Het Lentepunt komt elken dag op in het Oostpunt en gaat onder in het Westpunt; het valt dus per dag slechts één oogenblik samen met het Oostpunt.

De buitenste cirkel op den algemeenen horizon geeft de 32 streken aan.

De cirkels met de verdeeling in teekens van de Ecliptica en dagen van het jaar heeten samen wel: *de Kalender*, een naam, die feitelijk slechts aan een dezer cirkels toekomt.

Op de globe dient de equator niet alleen als aard-, maar ook als hemelequator. Daarom heeft men het nulpunt van aard- en hemelequator doen samenvallen, *hoewel die punten overigens niets met elkaar te maken hebben:* we hebben reeds gezien, dat het Lentepunt dagelijks een baan aan den hemel schijnt te beschrijven. Het staat dus slechts op één oogenblik per etmaal loodrecht boven het nulpunt van den aardequator.

Het coördinatensteisel op de globe kan dienst doen als: *a*) graadnet op aarde en *b*) equatorstelsel aan den hemel.

Aangezien de globe ook als hemelglobe wordt gebruikt is de Ecliptica er op geteekend. Het nulpunt, d. i. het Lentepunt, valt dus ook weer samen met het nulpunt van het graadnet op de aardglobe en dezelfde opmerking als hierboven gegeven werd omtrent het nulpunt van aard- en hemelequator, geldt ook hier.

Men hoede er zich voor te denken, dat de Ecliptica, geprojecteerd op de aarde, juist zoo zou loopen, als ze op de globe is voorgesteld. Om zich dit goed in te denken stelle men zich voor, dat de cirkel, die de Ecliptica voorstelt stil stond, terwijl de aardglobe draait. Dan zal men inzien, dat de ecliptica den aardequator achtereenvolgens op alle punten snijdt (zie ook onze opmerking over 't Lentepunt hierboven.) Nemen we nu een bepaald punt op de Ecliptica, bv., dat 10° Noorderdeclinatie heeft, dan zal dit punt in een etmaal juist loodrecht boven den cirkel 10° Noorderbreedte loopen. Dit komt nog nader ter sprake bij de oplossing der vraagstukken.

Het horizontstelsel aan den hemel kan niet op de globe worden voorgesteld, omdat dit verschillend is voor verschillende breedten. Het eclipticastelsel zou wel op de globe kunnen getrokken worden, nl. met de Ecliptica als „as". Maar twee coördinatenstelsels schuin door elkaar zouden het gebruik der globe eer moeilijker, dan gemakkelijker maken.

§ 101. [1]) **Vraagstukken.** Nu volgen drie reeksen van vraagstukken, met resp. 1, 2 en 3 gegevens.

Vooraf ga een opmerking:

De globe is niet een instrument, waarmede de gevraagde gegevens *nauwkeurig* kunnen gevonden worden, aangezien in den regel het middelpunt van de globe niet precies met 't middenpunt van horizon en meridiaan samenvalt. Verschillen van enkele graden komen dus bij de oplossing der vraagstukken nog al eens voor.

Men ga na, of bij de globe, die men gebruikt, de equator den horizon snijdt in 't Oost en Westpunt, en, of bij loodrechten hemelstand de beide polen precies in den horizon vallen. Indien dit niet zoo is, kan men gewoonlijk de globe juist stellen door de gleuf onderin wat te verkleinen door er een koperdraadje om te binden.

1. *Gegeven:* een datum.

Gevraagd: *a*) Plaats van de Zon in de Ecliptica.

b) Lengte van de zon.

c) De plaats van de zon aan te wijzen op de hemelglobe.

d) De declinatie van de zon te bepalen.

e) De Rechte Klimming van de zon te bepalen.

f) Te bepalen, boven welke punten op aarde de zon op genoemden datum loodrecht zal staan (gedurende één oogenblik.)

(Deze vragen komen eigenlijk hierop neer: bepaal de plaats van de zon in het hemelequatorstelsel en in het eclipticastelsel).

Oplossing: Nemen we als datum: 10 November.

a) We zoeken op den „Kalender" 10 November op, en vinden, dat de zon staat: 19° in het teeken de Schorpioen.

We kunnen ook zóó redeneeren: Op 21 Maart staat de zon in 't begin van de Ram, 21 April in 't begin van de Stier, enz.... 21 November in 't begin van de Schutter, — dat is 11 dagen vóór 21 November, staat de zon 11° vóór 't begin van de Schutter, dus 19° in de Schorpioen.

b) We zoeken het Lentepunt op den „Kalender", en tellen de Lengte uit. Deze blijkt te zijn 229°.

Dit getal kunnen we ook *berekenen*: De zon heeft alreeds geheel doorloopen: Ram, Stier, enz., te zamen 7 teekens; de lengte is dus $7 \times 30° + 19° = 229°$.

We kunnen 't getal ook nog *bij benadering* bepalen: de lengte van 't Herfstpunt is 180°. Van 23 Sept. tot 10 Nov. zijn $7 + 31 + 10 = 48$ dagen. De lengte moet dus *ongeveer* zijn $180° + 48° = 228°$.

c) Op sommige globen zijn op de Ecliptica de teekens aangegeven.

---

1) Repeteer eerst de definities voor Astronomische Lengte; Astronomische Breedte, Rechte Klimming en Declinatie.

Dan is 't heel gemakkelijk, de plaats der zon te vinden: We zoeken het teeken de Schorpioen en tellen 19° uit. (Om zich niet in de richting te vergissen, is 't wel goed, eerst het teeken de Ram op te zoeken, dan de Stier, enz.)

Op de meeste globen zijn de teekens niet aangebracht. We moeten nu van 't Lentepunt af langs de Ecliptica, in een richting tegengesteld aan den dagelijkschen loop der zon, 229° aftellen. (Aangezien het Herfstpunt 180° lengte heeft, beginnen we liever daar, en tellen 49° verder.)

Als er een kwadrant bij de globe is, kunnen we het nulpunt v. d. quadrant op 't Herfstpunt leggen, den quadrant langs de Ecliptica en dan hebben we onze 49° spoediger uitgeteld. Men kan zich ook zeer goed behelpen met een draadje, dat we eerst langs den equator leggen, en waarop we afstanden van 10° afteekenen, tot 90° toe. Dit draadje doet dan dienst als kwadrant.

Opmerking. Men bedenke wèl, dat de globe nu als hemelglobe wordt gebruikt, zoodat we de teekening der landen etc. wèg moet denken. Men bega dus niet de fout, te zeggen, dat de zon op 10 Nov. „boven den Grooten Oceaan" staat.

d) We brengen „de zon" onder den algemeenen meridiaan en tellen 't aantal graden vàn de zon tót den hemelequator (daarbij gebruik makend van de verdeeling in graden op den algemeenen meridaan). We vinden 17° Zuidelijke Declinatie.

We kunnen de declinatie ook *bij benadering* van de globe aflezen, daar de parallelcirkels op de globe de afstanden in graden aangeven gerekend van den hemelequator af.

e) R.K. moeten we tellen langs den hemelequator, te beginnen bij het Lentepunt, en in een richting tegengesteld aan den dagelijkschen loop der zon. We weten echter, dat het Herfstpunt 180° R.K. heeft, en kunnen dus even goed dáár beginnen te tellen.

We draaien nu „de zon" onder den algemeenen meridiaan. Waar die den hemelequator snijdt, is dus het eind van den boog, dien we moeten uittellen. We vinden als R.K. 227°.

f) Als we er aan denken, dat de aarde in 't midden van de hemelglobe moet gedacht worden, dan blijkt, dat de zon loodrecht staat boven een punt van den 17en breedtecirkel Zuiderbreedte. Door de rotatie zullen in den loop van een etmaal alle punten van dien cirkel loodrecht onder de zon komen. Ze hebben op dat oogenblik 12 uur 's middags.

Zie § 10.

Opgaven. Bepaal de gevraagden *a* tot *f* voor: 21 Juni, 23 Sept., 21 Dec., 21 Maart, 21 Nov., 16 April.

§ 102. **Vraagstukken met twee gegevens.** De gegevens zijn: *datum* en *plaats.*

We hebben nu een gegeven meer: de plaats, en *moeten dus beginnen met de globe te stellen voor de breedte der plaats.*

1. *Gegeven:* 't is 12 Juli en we zijn in New-York.
Gevraagd: a—f evenals op bldz. 84 en voorts:

g) de zon te laten opgaan, culmineeren boven den horizon, ondergaan, en in onderste culminatie te plaatsen.

h) 't amplitudo te bepalen.

i) de windstreek te bepalen, waar de zon opgaat.

j) de zonsmeridiaanshoogte te bepalen.

k) het onderste cultiminatiepunt te bepalen.

l) duur van den dag te bepalen.

m) het tijdstip van opkomst of ondergang te bepalen.

Oplossing. Stel de globe voor de breedte van New-York (40° N.B.). Nu is de aarde in 't midden van de globe te denken en wel zóó dat de algemeene horizon nu de horizon van New-York „is"; het „toppunt" van de globe „is" het toppunt van New-York; de algemeene meridiaan „is" de meridiaan van New-York, het Oostpunt, Westpunt, Noordpunt en Zuidpunt enz. „zijn" het Oostpunt, enz. aan den horizon van New-York.

We zoeken nu de gegevens *a—f*, volgens § 101.

g) We brengen de „zon" aan den oostelijken horizon. Nu komt ze dus op. We draaien de globe van 't O. door 't Z. naar 't W. We zien dan de zon haar baan langs den hemel beschrijven. Als ze onder den algemeenen meridiaan doorgaat, is ze in haar bovenste cultiminatie. Daarna zien we de zon dalen, ondergaan, en als ze weer den algemeenen meridiaan passeert, is ze in haar onderste cultiminatiepunt.

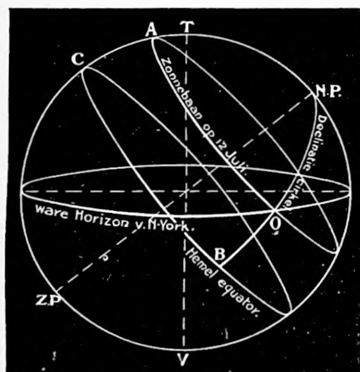


Fig. 63. Zonnebaan op 12 Juli in New-York.

h) We plaatsen de „zon" aan den oostelijken horizon. De boog van den horizon van het Oostpunt naar het punt van opkomst van de zon is het amplitudo (= morgenwijdte). Ze is 29° Noordelijk.

i) Plaats de „zon" als in *h*, en lees de gevraagde windstreek af aan den horizon (± N.O. ten O.)

j) Draai de globe zóó, dat de „zon" onder den algemeenen meridiaan (*boven* den horizon) komt. Bepaal den boog van den meridiaan van de plaats der zon naar het dichtstbijzijnde snijpunt van algemeenen meridiaan en horizon (dat is het Zuidp.). Antw.: 72°.

Opmerking. De declinatie is 22° Noordelijk. Het hoogste punt van den hemelequator is 50° boven den horizon. De zonsmeridiaanshoogte moet dus zijn 50° + 22° = 72°.

k) Oplossing gelijk die van *j*. Antw. 28°.

Opmerking. Het laagste punt van den hemelequator is 50° onder den horizon. De zon is 22° ten Noorden van den hemelequator, dus 50° — 22° = 28° onder den horizon.

l). De hemelequator is de groote uurcirkel. In 24 uur passeert de meridiaan eener plaats de 360° van den hemelequator en per 4 minuten vordert hij dus één graad. De oplossing van dit vraagstuk komt nu hier op neer, dat we bepalen, hoeveel graden van den hemelequator gelijk zijn aan het aantal graden van den dagboog. Gewoonlijk gaan we echter na, hoeveel graden de *halve* dagboog heeft, en vermenigvuldigen dan met 2.

Uit fig. 53 blijkt: om het aantal graden van den halven dagboog OA te vinden, zou men moeten tellen langs den 22en breedtecirkel. Die is echter niet op de globe geteekend.

Als er nu toevallig juist een declinatiecirkel door het punt van opkomst ging, dan zou deze van den hemelequator evenveel graden afsnijden als van den 22en breedtecirkel, en dan wisten we het gevraagde aantal graden. Maar dat is ook in den regel niet het geval.

In de figuur hebben we den declinatiecirkel NP—OB geteekend (tot aan den Hemelequator). Bg. OA = bg. BC.

We moeten nu bij de globe gebruik maken van den algemeenen meridiaan (die dan algemeene declinatiecirkel is): We brengen de zon onder den algemeenen meridiaan en lezen op den hemelequator af, waar deze door den algemeenen meridiaan wordt gesneden (111° R.K.).

Nu draaien we de zon terug naar 't punt van opkomst en zien, waar nù de hemelequator door den algemeenen meridiaan wordt gesneden (1° R.K.). Het verschil is 111° — 1° = 110°, en dit is de lengte van den halven dagboog. Dit, vermenigvuldigd met 4, geeft het aantal minuten van den halven dag; en dit met 2 vermenigvuldigd geeft den duur van den dag: 111 × 4 min. × 2 = 880 min = 14 u. 40 min.

Anders. We kunnen ook de „zon" onder den algemeenen meridiaan brengen, en noteeren, waar de hemelequator door den algemeenen meridiaan wordt gesneden 111 R.K.). Nu draaien we de zon naar 't Westen, totdat ze aan den horizon is gekomen, en noteeren, waar nù de algemeene meridiaan den hemelequator snijdt. Daar staat op de aardglobe 141°, dat is dus gelijk aan 180° + 41° = 221° R.K. Het verschil is 221° — 110° = 110°, enz.

Anders. We kunnen ook gebruik maken van den uurcirkel, indien deze aan de globe is.

We brengen dan de „zon" onder den algemeenen meridiaan, en de wijzer van den uurcirkel zetten we op 12, ('t is immers 12 uur 's middags). We draaien de globe naar 't Westen, totdat de „zon" ondergaat,

en lezen op den uurcirkel af, waar de wijzer staat. Aangezien hij gelijk met de globe is meegedraaid, geeft de wijzer het aantal uren aan, dat verloopen is tusschen middag en zonsondergang, dus van den halven dag.

Opmerking 1. Als men den evenaar als uurcirkel gebruikt, dan kan men den tijd tot op 4 minuten nauwkeurig bepalen. De uurcirkel is niet in 360° verdeeld, doch meestal slechts in 24 deelen, die elk dus een uur voorstellen. Hiermee kan men den duur van den dag dus niet zoo nauwkeurig bepalen.

Opmerking 2. Het gebruik van den hemelequator als „uurcirkel" is blijkbaar meer in overeenstemming met de werkelijkheid, dan 't gebruik van een uurcirkel boven op de globe.

m) Als de lengte van den dag bekend is, kan men het tijdstip van opkomst en dat van ondergang bepalen.

Zie § 107, laatste alinea.

Opgaven. Bepaal de gevraagde gegevens voor:
Amsterdam op de vier cardinale data;
Kaapstad op 4 Mei;
Batavia op 31 Oct.

§ 103. **Vraagstukken met drie gegevens: plaats, datum en uur van den dag.** *Gegeven:* We zijn op 3 Maart in Amsterdam en het is 10 uur 's morgens.

Gevraagd: *a*) Op de globe aan te wijzen, waar de zon aan den hemel staat.
b) Te bepalen de hoogte van de zon.
c) „ „ het azimut van de zon.

a) Stel de globe voor de breedte van Amsterdam. Zoek de plaats van de zon in de Ecliptica op 3 Maart. Breng de „zon" onder den algemeenen meridiaan (boven den horizon). Nu „is" het 12 uur 's middags in Amsterdam. Draai de globe 2 × 15° = 30° naar het Oosten om. Nu is het dus 30 × 4 min. = 2 uur vóór den middag, dus 10 uur 's morgens.

b) en *c*) Schroef den quadrant vast in het toppunt en leg hem over de „zon". Nu is de quadrant een verticaalcirkel (horizont stelsel). We kunnen dus de hoogte aflezen langs den kwadrant en 't azimut langs den algemeenen horizon (± 323°).

Opmerking. Men kan inplaats van den quadrant zich wel behelpen met een draadje, zooals op blz. 38 is aangegeven.

Zie § 52 en 53.

Opgaven. Gegeven: We zijn in Melbourne op 19 October 's middags te 4 uur.
Gegeven: We zijn in San Francisco op 21 Jan. 's morgens te 11 uur.
Gevraagd: *a*, *b* en *c*.

§ 104. **Vraagstukken, op te lossen met behulp van den schaduwcirkel.**

Inleiding.

Aangezien de zon op grooten afstand van de aarde staat (± 150

millioen K.M.), kunnen we zeggen, dat de aarde voor de helft door de zon verlicht wordt, en dat de zonnestralen in evenwijdige richting met elkaar de aarde treffen.

De cirkel, die de scheidingslijn vormt tusschen het verlichte deel der aarde en het onverlichte, heet de *schaduwcirkel*. Het middelpunt van de verlichte helft der aarde is het punt, waar de straal, gedacht van 't middelpunt der zon naar het middelpunt der aarde, het aardoppervlak treft. Die straal staat loodrecht op het aardoppervlak, en daarom kunnen we haar noemen: de loodrechte straal.

Wanneer we ons nu de zon denken te staan, loodrecht boven het vlak van den horizon, dan valt de algemeene horizon samen met den schaduwcirkel. 't Komt er nu maar op aan, de aardglobe zóó te draaien, dat de loodrechte straal op de aardglobe op 't zelfde punt valt, waar ze in werkelijkheid de aarde treft.

Op 21 Maart valt de loodrechte straal op den evenaar. We plaatsen dus de globe zóó, dat de Noordpool der globe samenvalt met het Noordpunt van den horizon. Als we nu de globe ronddraaien van *West door Zuid naar Oost*, dan zal de loodrechte straal steeds op den evenaar vallen en dan zien we achtereenvolgens alle plaatsen in 't verlichte deel komen en vervolgens in 't onverlichte gedeelte.

Heeft de zon 10° Noorderdeclinatie, dan moeten we de Noordpool 10° boven 't Noordpunt plaatsen; bij 20° Noorderdeclinatie stellen we de Noordpool 20° boven het Noordpunt; bij 23½° Noorderdeclinatie 23½°. Verder komt de zon niet. De standen, die de globe kan hebben bij deze reeks vraagstukken, vallen dus tusschen twee uitersten: de Noordpool staat 23½° boven 't Noordpunt, of de Zuidpool staat 23½° boven 't Zuidpunt.

Om de globe juist te kunnen plaatsen, behoeven we dus alleen maar te kennen de declinatie van de zon.

Vraagstuk 1. De globe zóó te plaatsen, dat de algemeene horizon schaduwcirkel is voor een gegeven dag.

Stel als datum 21 April.

We zoeken de plaats van de zon in de Ecliptica; de astronomische lengte is ± 30°. De declinatie lezen we van de globe af: die is ± 11° Noord. We plaatsen de Noordpool 11° boven 't Noordpunt, en 't vraagstuk is opgelost.

Stel als datum 21 Nov. De A. L. is dan 238°; de declinatie is ± 20° *Zuid*. We stellen de Zuidpool 20° boven 't Zuidpunt.

Vraagstuk 2. Te bepalen, waar op een gegeven dag de zon niet opkomt, of niet ondergaat.

Stel als datum 21 Mei. De A. L. is ± 60°; de declinatie is ± 20° Noord. We stellen de Noordpool 20° boven 't Noordpunt. We zien nu, dat alle plaatsen binnen een cirkel, 20° van de Noordpool af, dus van 70° N.B. tot 90° N.B., bij ronddraaïng van de globe om haar as, steeds

verlicht blijven. En de plaatsen van 70° Z.B. tot 70° N.B. blijven steeds in 't donker.

Vraagstuk 3. De globe zoo te plaatsen, dat voor een bepaalden dag en een bepaalde plaats de zon *a* opgaat *b* culmineert *c* ondergaat.

Stel als datum 21 Juni, als plaats Amsterdam.

De declinatie van de zon is op 21 Juni: 23½° Noord. We plaatsen de Noordpool 23½° boven het Noordpunt.

a) Nu draaien we de globe om haar as, totdat Amsterdam aan den *Westelijken* horizon komt. Dan treedt Amsterdam dus uit de duisternis in het licht, ofwel: het wordt dag in Amsterdam, ofwel: men ziet op dit moment in Amsterdam voor 't eerst op den genoemden datum de zon (die loodrecht boven de globe staat).

b) Nu draaien we de globe verder van West door Zuid naar Oost, totdat Amsterdam onder den algemeenen meridiaan komt. Op dit oogenblik valt de meridiaan van Amsterdam dus samen met den algemeenen meridiaan, en de zon staat dus in den hemelmeridiaan van Amsterdam, ofwel 't is 12 uur 's middags in Amsterdam, ofwel: de zon culmineert voor Amsterdam.

c) Nu draaien we de globe verder van West door Zuid naar Oost, totdat Amsterdam aan den Oostelijken horizon komt. Dit stelt nu 't laatste oogenblik voor, waarop men in Amsterdam de zon nog ziet. Het is dus 't oogenblik van ondergang voor de zon.

Vraagstuk 4. Wanneer de zon op een gegeven datum en voor een gegeven plaats opgaat, wordt gevraagd, voor welke plaatsen de zon dan tegelijkertijd opgaat.

Stel als datum 21 Juli, als plaats New-York.

De declinatie van de zon is op 21 Juli ± 20° Noord. We plaatsen de Noordpool 20° boven 't Noordpunt. We brengen N.York aan den *Westelijken* horizon: nu gaat de zon op voor New-York. Alle plaatsen welke nu eveneens op den Westelijken horizon liggen (dus dat is de helft van den horizon van het Noordpunt door het Westpunt naar het Zuidpunt), komen op dit zelfde oogenblik van de duisternis in het licht, dus zien op dit zelfde oogenblik de zon opkomen.

Opmerking. Had er in de opgave gestaan: *onder*gaat in plaats van *op*gaat, dan hadden we N.York moeten brengen aan den Oostelijken horizon, en dan zouden het dus alle plaatsen aan den Oostelijken horizon geweest zijn, die tegelijk met New-York de zon zagen ondergaan.

N.B. Dit zijn *andere* plaatsen, dan die de zon tegelijk met N.York zagen opkomen. (Dit moet ook wel, want de duur van den dag in N York is anders dan op andere plaatsen, waar de zon tegelijk opging.)

Vraagstuk 5. Voor een gegeven plaats de lengte van een gegeven dag te bepalen.

Stel als datum 21 Juni; als plaats Lissabon.

De declinatie van de zon is 23½° Noord. We stellen de Noordpool

23½° boven 't Noordpunt. We brengen Lissabon aan den *Westelijken* horizon (= schaduwcirkel). Het komt er nu op aan, het aantal graden te bepalen van den boog, welke Lissabon doorloopt van 't oogenblik, dat L. aan den Westelijken horizon (= schaduwcirkel) verscheen, tot het oogenblik, waarop Lissabon onder den Oostelijken horizon (= schaduwcirkel) verdwijnt.

We kunnen dit op verschillende wijzen doen.

a) Lissabon ligt op 40° N.B. We tellen nu 't aantal graden van den 40en breedtecirkel, voor zoover die boven den algemeenen horizon (= schaduwcirkel) ligt. Dit blijkt te zijn 222°. Lissabon wordt dus door de zon beschenen gedurende 222 × 4 min. = 888 min. = 14 uur 48 min. (de ware uitkomst is 14 u. 50 m.)

b) We kijken, welk punt van den evenaar tegelijk met Lissabon aan den Westelijken horizon (= schaduwcirkel) verschijnt. Dit is 120° O.L. Nu draaien we de globe om haar as van West door Zuid naar Oost, tot dat Lissabon aan den Oostelijken horizon (= schaduwcirkel) verdwijnt. We kijken, welk punt van den Evenaar nu aan den Westelijken horizon (= schaduwcirkel) verschijnt, dat is 150° O.L. De globe is nu omgedraaid: eerst 12° tot aan den meridiaan v. Greenwich, toen 180°, toen nog 30°, samen 222°. Enz.

N.B. Uit het voorbeeld blijkt wel, dat men moet waken tegen vergissingen.

c) We draaien de globe weer zóó, dat Lissabon aan de Westelijke helft van den schaduwcirkel ligt. We kijken nu, welke meridiaan samenvalt met den algemeenen meridiaan. Dat is 120° O.L. Lissabon ligt op 9° W.L. We moeten de globe dus 9° + 102° = 111° om haar draaien, dan is Lissabon onder den algemeenen meridiaan en dan is de halve dag om. De halve dag duurt blijkbaar 111 × 4 min. = 7 u. 24 min.

d. Als er een uurwijzer aan de globe is, stellen we den wijzer op 12 u. als Lissabon aan de westelijke helft van den schaduwcirkel is. We draaien de globe om haar as, van West door Zuid naar Oost, totdat Lissabon onder den algemeenen meridiaan is, en we lezen af, hoe lang de halve dag heeft geduurd. De aanwijzingen van den uurwijzer zijn echter veel minder nauwkeurig dan de antwoorden, die we volgens a, b en c verkrijgen.

Vraagstuk 6.

De middaghoogte van de zon te bepalen voor een gegeven dag en gegeven plaats.

Stel als datum weer 21 Juni en als plaats Lissabon.

Breng Lissabon onder den algemeenen meridiaan. Het toppunt van Lissabon ligt 40° benoorden den Evenaar. De zon staat 23½° benoorden den Evenaar. De toppuntafstand van de zon is dus 40° — 23½° = 16½°. Het toppunt ligt 90° boven den horizon van Lissabon. De zon staat dus 90° — 16½° = 73½° boven den horizon van Lissabon.

Opmerkingen. Blijkbaar kunnen we dit vraagstuk even goed zonder den schaduwcirkel oplossen.

Vraagstuk 7.

De verschijnselen van den jaarlijkschen omloop der zon voor een gegeven plaats voor te stellen.

Stel als gegeven plaats: Amsterdam.

Op 21 Maart heeft de zon 0° declinatie. We plaatsen de Noordpool in 't Noordpunt. We zien nu, dat voor Amsterdam dag en nacht even lang zijn.

Op 21 Juni heeft de zon 23½° Noorderdeclinatie. We plaatsen de Noordpool 23½ boven den algemeenen horizon (= schaduwcirkel). We zien nu, dat Amsterdam veel langer dan 12 uur in de verlichte helft der aarde blijft. Het is dus zomer. Enz.

Vraagstuk 7. Gegeven een bepaalde plaats en datum en uur; gevraagd voor welke plaatsen begint dan de morgenschemering, voor welke eindigt de avondschemering.

Stel als plaats Kaapstad; als dag 21 October; als uur 2 uur 's namiddags.

Op 21 October heeft de zon 10° Zuiderdeclinatie. We stellen dus de Zuidpool 10° boven het Zuidpunt. We brengen Kaapstad onder den algemeenen meridiaan. Dan is het twaalf uur in Kaapstad. We draaien de globe om haar as van West door Zuid naar Oost en wel 30°. Dan is het 2 uur 's namiddags in Kaapstad.

Alle plaatsen aan den westelijken horizon (= schaduwcirkel) zien nu de zon juist opkomen. Dus voor alle plaatsen 16° (of 18°) onder den westelijken horizon (= schaduwcirkel) begint op dit oogenblik de ochtendschemering.

Evenzoo eindigt nu voor alle plaatsen 16° (of 18°) onder den oostelijken horizon (= schaduwcirkel) de avondschemering.

HOOFDSTUK VII.

Tijdrekening.

§ 105. **Inleiding.** Onze burgerlijke tijdrekening is gebaseerd op de bewegingen van de aarde, (dus de *schijnbare* bewegingen der zon) en van de maan. De tijdrekening der astronomen is uitsluitend gebaseerd op de schijnbare, dagelijksche beweging der sterren, dus feitelijk op de *aswenteling.*

In 't burgerlijk leven noemen wij den duur eener aswenteling: een *dag* of een etmaal; den duur van een omloop der aarde om de zon: een *jaar;* de duur van een omloop der maan was oorspronkelijk: een *maand.* Alleen de verdeeling in weken heeft een anderen oorsprong (zie bldz. 95).

Toch is de tijdrekening verre van eenvoudig, 't geen al spoedig blijkt bij nadere overweging.

I. De lengte van een dag.

§ 106. **Sterredag en Zonnedag.** Stel, dat Z de zon voorstelt, A^1 en A^2 de aarde, en de cirkel: de baan der aarde om de zon. Voorts, dat we op zekeren dag een ster zien culmineeren gelijk met de zon.

Neem nu aan, dat de aarde zich verplaatst van A^1 naar A^2. We zien dan de ster in een richting A^2—Ster, die evenwijdig is aan de oorspronkelijke richting A^1—Z—Ster, doordat de ster op oneindigen afstand moet gedacht worden.

De zon zien we dan in de richting A^2Z. Er is dus een hoek ontstaan tusschen de richting, waarin we de zon, en de richting, waarin we de ster zien. Blijkens de figuur is $\angle SA^2Z = \angle A^2ZA^1 =$ bg A^1A^2.

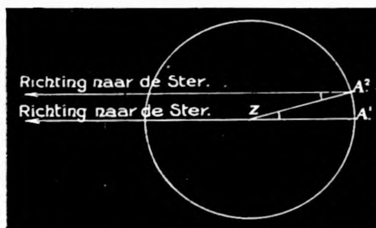


Fig. 61. De zonnedag is ± 4 min. langer dan de sterredag.

In één dag nu legt de aarde ongeveer 1° van haar baan af. Als dus de *ster* weer culmineert, moet de aarde nog 1° omdraaien, alsvorens de *zon* weer culmineert. Dàn pas zeggen we, dat een dag om is.

Om 1° om te draaien heeft de aarde ± 4 min. noodig. Een *zonnedag* is dus ± 4 min. langer dan een *sterredag*. Dit klopt met wat we hebben *waargenomen* in § 26.

Een *sterredag* is de tijd, die verloopt tusschen twee achtereenvolgende bovendoorgangen (bovenste culminaties) van een ster.

Een *zonnedag* is de tijd, die verloopt tusschen twee achtereenvolgende bovendoorgangen van de zon.

§ 107. **Nadere opmerkingen over sterredag en zonnedag.** 1. De sterredag geeft blijkbaar den juisten duur eener omwenteling der aarde aan. Zoolang men de rotatie der aarde heeft gemeten, is gebleken, dat de duur der aswenteling niet verandert. De sterredagen zijn dus alle precies even lang. Daarom rekenen de astronomen met sterretijd, en ze hebben uurwerken, die daarvoor zijn ingericht. De dag begint voor hen, als 't Lentepunt ('t punt ♈) culmineert. In een dag doorloopt 't Lentepunt den geheelen hemelequator tengevolge van de schijnbare dagelijksche omwenteling van de sfeer. Als het Lentepunt dus in het Westpunt van den horizon staat, is het 6 uur sterrentijd; en staat het in het Oostpunt, dan is het 18 uur sterretijd. (Zie bldz. 100, regel 6).

Uurhoek. In 24 uur doorloopt elke ster schijnbaar een cirkel met eenparige snelheid. Per uur legt elke ster dus 15° af. Is dus, door waarneming, de hoek bepaald, dien de declimatiecirkel over een ster maakt met den hemelmeridiaan (d. i. de meridiaan der plaats van

waarneming), dan is het gemakkelijk te berekenen, hoeveel uur het geleden is, dat de ster den meridiaan passeerde.

De uurhoek van een ster is de hoek, gevormd door den hemelmeridiaan van den waarnemer, en den declinatiecirkel van de ster. Ze wordt in de zeevaartkunde Oostelijk en Westelijk gerekend.

Sterretijd is de Westelijke uurhoek van het Lentepunt.

2. De aarde loopt niet altijd even snel in haar baan. Bg A^1A^2 is dus niet altijd even lang. Het verschil tusschen zonnedag en sterredag is daardoor ook niet altijd even groot. (Het verschil bedraagt minstens 3 min. 49 sec., en hoogstens 4 min. 5 sec.). De zonnedagen zijn dus niet alle precies even lang.

3. Elken dag is er een verschil van ± 4 min. tusschen sterredag en zonnedag. In een jaar wordt dit 365 × ± 4 min. = precies 1 dag. Er zijn dus 366 sterredagen tegen 365 zonnedagen. In een gewoon jaar draait de aarde dus 366 keer om haar as, *niet* 365 keer.

4. Dat het product 365 × ± 4 min. juist 1 dag moet zijn, blijkt uit deze redeneering: Elken dag moet de aarde na een aswenteling nog even verder omdraaien, alsvorens de zon weer culmineert. Als de aarde nu een geheelen omloop rondom de zon volbracht heeft, moet de som van al de verschillen tusschen sterre- en zonnedagen ook juist gelijk zijn aan den duur van één aswenteling.

§ 108. **Sterretijd, ware tijd, middelbare tijd.** Aangezien een gewoon jaar 366 sterredagen heeft, kunnen we den sterredag niet gebruiken in het dagelijksch leven voor onze tijdsindeeling. Een voorstel in dien geest is dan ook indertijd verworpen.

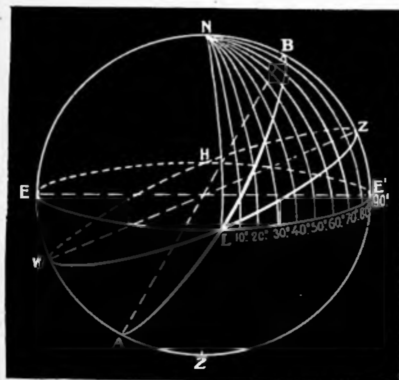


Fig. 55. De meridiaan van 10°, 20° enz. snijden wel van den Equator gelijke stukken af, doch niet van grootcirkels, die een hoek maken met den equator.

De zonnedagen zijn niet alle even lang. Dit heeft *twee* oorzaken. De eerste noemden wij in § 107, n°. 2. De andere, die nog meer beteekenis heeft dan de eerste, kan fig. 55 duidelijk maken.

We zien hier den hemelequator EE' en de ecliptica WLZH, die dus een hoek van 23½° maken. We nemen aan, dat de declinatiecirkels NL. enz. even ver van elkaar liggen, nl. 10°. Dan snijden ze van den Evenaar, waar ze loodrecht

op staan, gelijke stukken af, maar niet van de Ecliptica, doordat deze de declinatiecirkels onder verschillende hoeken snijdt.

Om nog duidelijker te doen zien, dat een grootcirkel, die de meridianen schuin snijdt, door deze niet in gelijke stukken wordt verdeeld, hebben we in de figuur den halven cirkel AB getrokken, die een grooten hoek maakt met den equator. We zien, dat bv. het stuk van bg AB tusschen de declinatiecirkels van 0° en van 10° veel grooter is, dan 't stuk tusschen de declinatiecirkels van 80° en 90°.

De zon nu beweegt zich (schijnbaar) in de Ecliptica en zal dus in gelijke *tijd*deelen ongelijke gedeelten van haar *baan* afleggen.

Het blijkt dus, dat we de zon, die den *waren* tijd aangeeft, niet kunnen gebruiken ter regeling van onzen *burgerlijken* tijd.

Daartoe heeft men nu aangenomen een hemellichaam, dat met *regelmatige snelheid langs den hemelequator* loopt en in een jaar den geheelen equator aflegt.

Dit „aangenomen" hemellichaam noemt men: de *middelbare zon;* de tijd tusschen twee opeenvolgende gelijknamige culminaties van deze middelbare zon heet: de *middelbare dag.* Deze middelbare dag nu is verdeeld in 24 uren en naar deze zijn onze uurwerken geregeld. De burgerlijke dag begint 's nachts te 12 uur en wordt in ons land verdeeld in twee helften, elk van 12 uur. Er zijn ook landen, waar men telt van 1 u. tot 24 u.

Het zal duidelijk zijn, dat het midden van den middelbaren dag in den regel niet zal samenvallen met de bovenste culminatie van de zon, dus niet met het ware midden van den dag. Als onze klokken dus twaalf uur wijzen, is het in den regel niet het ware midden van den dag. Dit is alleen 't geval op 4 dagen in 't jaar (15 April, 14 Juni, 31 Aug. en 24 Dec.). Het verschil: Middelbare Tijd—Ware tijd, heet *Tijdsvereffening.* Die is dus positief, als de middelbare klok vóór loopt bij de zon; in het tegenovergestelde geval is ze negatief. Voor denzelfden datum in verschillende jaren is de tijdsvereffening niet gelijk. Het grootste positieve verschil is ongeveer midden Februari. Dan wijst de klok twaalf uur aan, ruim veertien minuten vóór de culminatie der zon. Daardoor lijkt dan de namiddag zooveel langer (bijna ½ uur, nl. 2 × 14 min.), en dan meent men, ieder jaar opnieuw weer, dat het *lengen* der dagen in den namiddag zoo goed is op te merken.

Het grootste negatieve verschil is eind October en begin November. Dan wijst de klok 12 uur aan, 16 minuten nadat de zon is geculmineerd. Daardoor meent men, dat in den herfst het *korten* der dagen zoo goed is op te merken.

Wie in een kalender de uren van opkomst en ondergang der zon opzoekt, zal dus in 't algemeen bevinden, dat de zon vóór en na het *middelbare* middaguur niet even lang schijnt. Hieruit blijkt de onjuistheid van vraagstukken, die handelen over opkomst en ondergang der

zon, een onjuistheid, die men echter in den regel negeert. (Zie bv. de antwoorden op de vraagstukken van § 102).

II. De lengte van een jaar.

§ 109. **Siderisch jaar en tropisch jaar. Burgerlijk jaar.** Willen wij den juisten tijd leeren kennen, dien de aarde noodig heeft, om haar baan rondom de zon af te leggen, dan is het eenige middel daartoe, dat we waarnemen, wanneer de zon met een bepaalde ster gelijktijdig door den meridiaan gaat, en wanneer dit daarna voor 't eerst weer gebeurt. Dit blijkt dan te zijn na: 365 dagen 6 u. 9 min. 9 sec. Dit tijdsverloop heet: *een siderisch jaar.*

Maar we rekenen het begin van de Lente, als de zon door het Lentepunt gaat. Het Lentepunt nu verplaatst zich jaarlijks ± 50″ (50 boogsecunden) en wel: de aarde tegemoet. De aarde is dus iets eerder weer in 't Lentepunt, dan aan 't werkelijke einde van een omloop om de zon. Van den eenen doorgang van 't Lentepunt tot den volgenden verloopt blijkens waarneming: 365 d. 5 u. 48 min. 46 sec. Dit tijdsverloop heet: *een tropisch jaar.*

Het verschil tusschen een siderisch en een tropisch jaar is blijkbaar 20 min. 23 sec. Met een kleine fout kunnen we dit verschil *berekenen:*

In een siderisch jaar doorloopt de aarde 360° van haar baan; in een tropisch jaar 360° — 50″ = 359°59′10″. Als we nu aannemen, dat de snelheid der aarde eenparig was (waardoor we een kleine fout maken), dan volgt daaruit, dat de verhouding is: tropisch jaar : siderisch jaar = 359°59′10″ : 360° = 129550 : 129600 = 25919 : 25920. Als verschil vinden we dan $\frac{1}{25920}$ × 365 d. 6 u. 9 min. 9 sec. = 20 m. 17 sec., dus vrijwel het juiste verschil.

Er is nog een andere *benaderende* berekening:

In 24 uur legt de aarde ongeveer 1° van haar baan af,
In 24 minuten „ „ „ „ 1′ „ „ „ af,
in 20 minuten „ „ „ „ 50″ „ „ „ af.

Zooals uit het vervolg zal blijken, worden nòch het siderische, nòch het tropische jaar voor onze tijdrekening gebruikt. Het *burgerlijk jaar* duurt 365 d. 5 u. 49 min. 12 sec.

III. Tijdrekening.

§ 110. **De Juliaansche Kalender.** Onze tegenwoordige tijdrekening heeft zich ontwikkeld uit de Romeinsche. Echter weet men niet in allen deele nauwkeurig, hoe de oud-Romeinsche kalender was samengesteld. Wel weet men, dat, door onnauwkeurigheid in den kalender en door de willekeur van verschillende opperpriesters, er een groote verwarring in de dateering was ontstaan.

Voorgelicht door den Egyptischen sterrenkundige Sosigenes, heeft Julius Caesar, die consul en Pontifex Maximus tegelijk was, aan deze verwarring een einde gemaakt door de invoering van den *Juliaanschen Kalender.*

Het jaar nam hij aan op 365¼ dag (hoewel men de lengte van het tropische jaar toen al nauwkeuriger kende) en om de vier jaar was er een schrikkeljaar met één dag meer, dien hij liet vallen tusschen den 23sten en 24sten Februari. Den eersten dag van 't jaar stelde hij op 1 Januari, omdat dit de datum was, waarop de consuls hun ambt aanvaardden. (Vóór dien begon het Romeinsche jaar met 1 Maart). De maanden (die vóór hem 27, 29 of 31 dagen telden) stelde hij op 28 of 29 dagen (Februari), 30 en 31 dagen, zooals nog heden 't geval is.

De eerste dag van elke maand heette Calendae of Kalendae; de 15de heette Idus. Van deze beide vaste data af telde men de andere dagen. De 23e Februari b.v. heette: ante diem sextum Kalendas Martias, geschreven a. d. VI Kal. Mart., d. i. de zesde dag vóór den eersten dag (Kalendae) van Maart. Werd er nu in een schrikkeljaar een dag ingevoegd tusschen den 23en en 24en Febr., dan heette die dag: a. d. bissextem Kal. Mart., d. i. de *tweede* zesde dag vóór den eersten Maart. Deze dag heette daarom ook wel kortweg dies bissextus en 't schrikkeljaar heette: annus bissextus. Vandaar het Fransche: année bissextile = schrikkeljaar.

De Juliaansche Kalender is ingevoerd in 't jaar 708 nà de stichting van Rome (dat komt overeen met 46 j. v. Chr., en dit eerste jaar telde 444 (volgens sommigen 445) dagen, 't geen noodig was om de dateering weer in overeenstemming te brengen met den loop van de zon. Wegens de abnormale lengte werd het genoemd: annus confusionis = jaar der verwarring,

Men zie in, dat de Juliaansche Kalender twee fouten had: 't beginjaar (de stichting van Rome) stond niet vast en de lengte van 't jaar was niet juist.

§ 111. **Christelijke jaartelling.** In 't jaar 525 n. Chr. gebruikte de abt Dionysius Exiguus, te Rome, voor 't eerst een jaartelling, waarbij hij aanving bij de geboorte van den Heer, welke hij stelde op 25 December. Het jaar liet hij beginnen op 1 Januari. Maar hij geeft nergens aan, of hij het jaar, waarin die 25ste December valt, het jaar 1 noemt dan wel 't jaar, dat zes dagen na Christus' geboorte begon.

Deze jaartelling, de Christelijke era, vond slechts langzaam ingang: in 704 voor 't eerst in Engeland; sinds 1431 geregeld in Rome (vóór dit jaar deed men 't soms wèl, soms niet), enz.

Jaren vóór Christus' geboorte telde men volgens andere era's, totdat men aan 't eind van de 18de eeuw, op 't voetspoor van Engelsche geleerden, ook begon te rekenen met jaren vóór Christus geboorte.

Men maakte nu echter een fout, door niet een jaar 0 aan te nemen, zoodat nu op 't jaar 1 vóór Chr., direct het jaar 1 nà Chr. volgt. De astronomen daarentegen hebben deze fout verbeterd, en wat men in 't burgerlijke leven 't jaar 1 vóór Chr. noemt, noemen zij: het jaar 0.

§ 112. **Het Concilie van Nicaea (325 n. Chr.).** Bij dit concilie werd bepaald, dat het *Paaschfeest* zou vallen op den eersten Zondag nà de eerste Volle Maan nà 't begin der Lente. En 't begin der Lente werd

vastgesteld op 21 Maart, zooals toen ook werkelijk het geval was.

Nu is echter het Juliaansche jaar 365 ¼ dag, dus 11 min. 14 sec. langer dan een tropisch jaar. In 128⅓ jaar maakt dit reeds een verschil van 1 dag. Daardoor moest er dus een verschil ontstaan tusschen den werkelijken datum, waarop de Lente begon, en den aangenomen datum van 21 Maart.

Hier kwam nog bij, dat men een verkeerde berekening had aangenomen voor den tijd, waarop de schijngestalten der maan zouden vallen, zoodat ook de werkelijke dag van Volle Maan, en de *berekende* dag hoe langer hoe meer gingen verschillen.

Deze beide fouten gaven in 't burgerlijk leven aanleiding tot allerlei moeilijkheden.

§ 113. **De Gregoriaansche Kalender.** Het Concilie van Trente (1563) droeg daarom aan Paus Gregorius XIII op, een eind te maken aan deze verwarring. Deze nam nu een voorstel tot kalenderverbetering van den (inmiddels gestorven) astronoom Luigi Lilio aan, en 24 Februari 1582 werd in de Bul: Inter gravissimas, de nieuwe kalender voorgeschreven.

Om de vier jaar bleef er een schrikkeljaar, maar de eeuwjaren gelden alleen als schrikkeljaar, wanneer ze deelbaar zijn door 400.

In 400 jaar zijn dus 146087 dagen, waardoor een burgerlijk jaar nu een lengte heeft van 365 d. 5 u. 49 min. 12 sec., 't geen 26 seconden *meer* is, dan een tropisch jaar.

Dit verschil bedraagt na ± 3320 jaar ongeveer 1 dag. Tegen dien tijd zal er weer wat op gevonden moeten worden, om door het weglaten van 1 dag, de gemaakte fout te herstellen.

§ 114. **Oude en Nieuwe Stijl.** Om de fout van 10 dagen, die tengevolge der Juliaansche tijdrekening ontstaan was, te verbeteren, gelastte Gregorius XIII, dat 10 dagen zouden worden overgeslagen. Dit is in verschillende landen op verschillende data geschied.

Ondanks den aanvankelijken tegenstand van de Protestanten, en ook van vele Katholieken, werd de Gregoriaansche kalender in Europa gaandeweg in alle landen ingevoerd en men sprak dan van: *de Nieuwe Stijl.*

Alleen de Grieksch-Katholieke staten wilden van deze tijdrekening niet weten. Daar telt men nog volgens den Juliaanschen Kalender en er is nu een verschil van 13 dagen. Deze telling noemde men: *de Oude Stijl.*

§ 115. **Verdeeling van 't jaar in maanden.** Het Oud-Romeinsche jaar had de volgende maanden:

1 Martius (gewijd aan Mars).
2 Aprilis („ „ Apollo, bijgenaamd Aperta).
3 Majus („ „ Jupiter, „ Majus).
4 Junius („ „ Juno).
5 Quintilus (= 5^de^ maand).

6 Sextilus (= 6de maand).
7 September (= 7de „).
8 October (= 8ste „).
9 November (= 9de „).
10 December (= 10de „).
11 Januarius (gewijd aan Janus).
12 Februarius („ „ Pluto of Februus).

Julius Caesar begon 't jaar met 1 Januari, waardoor de namen Quintilus tot en met December niet meer juist waren. Ze bleven echter zoo heeten. Naar hem werd de naam der maand Quintilus echter veranderd in Julius, en naderhand werd Sextilus naar Augustus genoemd. Ook werden zooals we weten de lengten der maanden gewijzigd en zoo is ontstaan de volgorde van heden.

§ 116. **Verdeeling in weken, en de namen der dagen van de week.** In Egypte en bij de Joden was een week van zeven dagen reeds in gebruik. Bij de Egyptenaren was de eerste dag de voornaamste, bij de Joden de laatste. Deze heette Sabbath.

In Egypte bloeide de astrologie, en deze had een systeem bedacht, waaraan de dagen hun naam ontleenden. Men meende toen, dat de aarde stilstond, en dat daaromheen 7 planeten liepen: Saturnus, Jupiter, Mars, de Zon, Venus, Mercurius en de Maan. Het eerste uur van den eersten dag werd nu, volgens de Egyptische astrologen, „geregeerd" door Saturnus, het 2de uur door Jupiter, enz. Het 24ste uur dus door Mars, en 't eerste uur van den tweeden dag door de Zon. Men kan nu door een eenvoudige uittelling vinden, dat het eerste uur van de opvolgende dagen werd „geregeerd" door: Saturnus, de Zon, de Maan, Mars, Mercurius, Jupiter en Venus. Naar die „regenten" werden de dagen genoemd.

Deze namen werden met geringe wijzigingen overgenomen door de Romeinen en door vele andere volken van 't Latijnsche ras, en door hen verder verbreid.

In ons land zijn de namen: Zaterdag, Zondag, Maandag gebleven; inplaats van naar de Latijnsche godheden Mars, Mercurius, Jupiter en Venus, heeft men de aan hen gewijde dagen genoemd naar de overeenkomstige Noordsche Godheden: Tyr of Tys of Tues (god v. d. oorlog): Dinsdag; Odin of Wodan (die als de wijze gold) Woensdag; Thor of Donar (dondergod) Donderdag; en Freia (godin der liefde) Vrijdag.

Opgemerkt zij nog, dat de Christenen, toen ze zich scherp van de Joden gingen afscheiden, de week begonnen met den *eersten* dag, dien zij den Heer wijdden en tot feest- en rustdag maakten. Deze dag heette feria of feria prima of Domenica; de tweede dag heette feria secunda; de derde: feria tertia, enz. Daarvoor zijn later de namen Zondag, enz. in de plaats gekomen. Zondag is dus de eerste dag van de Christelijke week; Sabbath nog steeds de laatste dag van de Joodsche week.

HOOFDSTUK VIII.

De Maan.

§ 117. **Waarnemingen.** De Maan vertoont zich als Volle Maan, Eerste Kwartier en Laatste Kwartier; als de maan geen licht weerkaatst, is het Nieuwe Maan.

Dit zijn de vier *schijngestalten.*

De Volle Maan is schijnbaar even groot als de zon, ± ½°. Bij nauwkeurige meting blijkt, dat de schijnbare middellijn der maan niet altijd even groot is.

Op de Volle Maan vooral kunnen we zeer goed vele donkere plekken zien: de vlekken der maan.

Zoodra het Volle Maan is geweest, begint het verlichte deel aan den rechterkant af te nemen. Het is dan *afnemende* maan. Zoodra nog slechts de helft der maanschijf verlicht is, is het Laatste Kwartier. De maansikkel wordt dan nog kleiner, totdat er niets meer te zien is: Nieuwe Maan. Dan vertoont de maansikkel zich weer, heel smal. Op het niet door de zon verlichte gedeelte zien we toch eenig flauw licht: het *aschgrauwe licht.* Soms zien we, in dit weinig verlichte gedeelte, vlak bij den, door de zon verlichten, rand, eenige helder verlichte punten. (Zie § 124).

De bolle zijde van de maansikkel is altijd naar de zon gekeerd; de „horens" van de maan zijn altijd van den horizon *af* gekeerd. Soms bijna horizontaal (dan „ligt de maan op zijn rug").

Door waarneming van de tijden van opkomst, culminatie en ondergang, kunnen we de gegevens uit de volgende tabel gemakkelijk verifieeren:

Schijngestalte.	Opkomst.	Bovenste Culm.	Ondergang.
Nieuwe Maan.	's morgens.	's middags 12 uur.	's avonds.
Eerste Kwartier.	's middags.	's avonds.	± middernacht.
Volle Maan.	's avonds.	's nachts 12 uur.	's morgens.
Laatste Kwartier.	± middernacht.	's morgens.	's middags.

Als hulpmiddel om Eerste en Laatste Kwartier te onderscheiden, heeft men: Eerste Kwartier)𝒩 = Wassende Maan of |) = premier, en Laatste Kwartier (℄ = afnemende Maan of (| = dernier. Maar wie bedenkt, dat E. K. altijd vóór middernacht schijnt, en L. K. altijd nà middernacht, heeft deze hulpmiddelen niet noodig.

§ 118. **De ware Maanbaan.** Aangezien de schijnbare grootte van de maan verschilt in de opvolgende dagen eener maand, komen we tot het vermoeden, dat de maanbaan evenals de aardbaan, een ellips zal zijn.

Inderdaad is de maanbaan een ellips, met een excentriciteit van $^1/_{18}$, dus vrij wat grooter dan die van de aardbaan. De gemiddelde afstand van de maan tot de aarde is 384.420 K.M. of ± *60 aardstralen.* De maan heeft een middellijn van 3480 KM., dus ongeveer ¼ van die der aarde.

Als we in ons beeld van § 81 de maan willen invoegen, moeten we dus een bol nemen van 2 ½ cM. middellijn, en die van onze aardglobe op een afstand van 30 dM. = 3 M. stellen, 't geen we dus in een kamer kunnen doen.

Wanneer Volle Maan gelijk met een ster culmineert, doet ze dat weer na ± 27 ⅓ dag. De *omloopstijd* van de maan om de aarde is dus 27 ⅓ dag. Dit heet een *siderische maand* (sidus = ster).

In 27 ⅓ dag legt de aarde ongeveer 27 ⅓° af in haar eigen baan. Als nu de maan eerst staat zooals in de fig. bij A^1, dan zal na ongeveer 1 week de maan ¼ cirkel om de aarde zijn gedraaid en dus een stand innemen, zooals is voorgesteld bij A^2. Na nog ongeveer een week heeft de maan weer ¼ cirkel verder afgelegd en zal dus staan zooals bij A^3; dan zooals bij A^4, en ten slotte zooals bij A^5, enz.

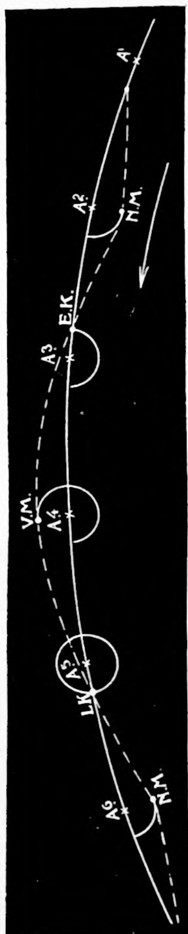


Fig. 56.

Men zou nu kunnen meenen, dat het gedeelte der maanbaan van A^1 tot A^3 bol zou wezen in de richting van de zon. Dit is echter niet het geval: De afstand tusschen de *koorde* A^1A^3 en de *boog* A^1A^3 is altijd grooter dan de afstand, die er bestaat tusschen aarde en maan *in de richting van de zon.* Fig. 57 geeft hiervan een meer juiste voorstelling. Afgebeeld is hier het deel der aarbaan van A^1 tot A^3.

Er komt nog iets bij: De maanbaan maakt een hoek van ± 5° met de aardbaan. Het meest de werkelijkheid nabij komen we nu, als we ons

voorstellen, dat de maan bij A^1 staat *boven* 't papier; bij A^2 *in* 't vlak van 't papier; bij A^3 *onder* 't vlak van 't papier; bij A^4 weer *in* 't vlak van 't papier. De ware maanloop vormt dus een soort van schroeflijn om de aardbaan, en in onze teekening is die schroeflijn geprojecteerd op het vlak van 't papier.

We zullen in 't volgende hoofdstuk zien, dat volstrekt niet altijd juist de Volle Maan *in* 't vlak van 't papier staat, enz.; doch dit doet aan de redeneering niets af.

In A^4 (fig. 56) staan, van de aarde uit gezien, zon en maan tegenover elkaar: ze staan in *oppositie* (Volle Maan). In A^2 staan zon en maan aan dezelfde zijde der aarde: in *conjunctie* (N.M.). Oppositio en conjuctie heeten samen de *sysigiën.*

In A^1 en A^3 vormen de lijn van de aarde naar de zon en die van de aarde naar de maan een hoek van 90°: deze twee standen heeten de *quadraturen* (E. K. en L. K.)

Als de maan in oppositie staat (V. M.) zal ze *in 't algemeen* boven of onder het vlak der aardbaan staan. In 't algemeen kan dus de zon op de maan schijnen, en 't weerkaatste zonlicht zien wij, die aan de schaduwzijde der aarde zijn. Het is dan Volle Maan. Als de maan bij A^1 staat, wordt ook de helft der maan verlicht, maar van de aarde af zien we slechts de helft van die verlichte helft, en wel: de linkerhelft licht, de rechterhelft donker: 't is dan Laatste Kwartier.

Staat de Maan bij A^2, dan wordt eveneens de helft van de maan verlicht, maar die is van de aarde afgekeerd en we zien dus niets: het is Nieuwe Maan.

Bij A^3 zien we van de verlichte helft slechts de helft en wel rechts: 't is Eerste Kwartier.

We zien dus, dat de *schijngestalten der maan een gevolg zijn van den omloop der maan om de aarde,* en *de verlichting door de zon.*

§ 119. **Schijnbare Maanbaan.** 1. *De dagelijksche baan.* Door de draaiing der aarde schijnt de maan elk etmaal een cirkel aan den hemel te beschrijven, evenals de zon en de sterren. Daardoor komt ze op, culmineert en gaat onder. *De tijd, die verloopt tusschen twee achtereenvolgende bovendoorgangen van de maan, heet een maansdag, ook wel een maandag.*

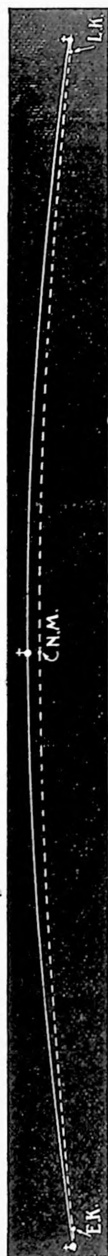


Fig. 57. De maanbaan is altijd concaaf in de richting van de zon.

2. *De maandelijksche baan.* Bepalen we de opvolgende culminaties der maan ten opzichte van de sterren, dan bemerken we, dat de maan ook een eigen beweging heeft. Dat is de beweging rondom de aarde in de werkelijke maanbaan. (zie § 118).

Wanneer wij, van de aarde uit, de maanbaan beschouwen, dan zien we die geprojecteerd op den hemelbol. De elliptische maanbaan lijkt dan aan den hemelbol een *cirkel*vormige baan, en wel een *grootcirkel,* want de aarde is 't middelpunt. (De verhouding tusschen ware en schijnbare maanbaan is dus evenzoo als die tusschen aardbaan en ecliptica). De Ecliptica is óók een grootcirkel aan den hemel. De *schijnbare* maanbaan en de *schijnbare* zonnebaan (= de Ecliptica) snijden elkaar dus middendoor. De twee snijpunten heeten de *knoopen,* de eene de *klimmende knoop* (KK), de andere de *dalende knoop* (DK); de oude astrologen noemden die resp. de *Drakenkop* en de *Drakenstaart.* De lijn, die de beide knoopen verbindt, heet de *knoopenlijn*; deze is blijkbaar de snijlijn van het vlak der maanbaan met het vlak der ecliptica.

In fig. 58 is ALBH de hemelequator; WLZH de Ecliptica; en de gestippelde cirkel is de schijnbare maanbaan. De aarde staat in 't gemeenschappelijk middelpunt der drie cirkels.

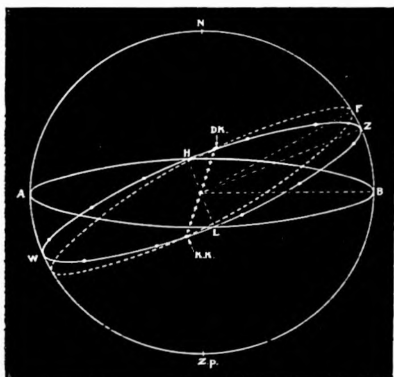


Fig 58. De schijnbare maanbaan; de schijnbare zonnebaan; de hemelequator.

De hoek: Z—Aarde—B is 23½° (hoek Ecliptica-Equatorvlak); hoek F—Aarde—Z is ± 5° (hoek maanbaan—aardbaan); bg FZB is dus 23½° + ± 5° = ± 28½°. De *declinatie* van de maan kan dus van 0° tot 28½° bedragen.

bg FZ is de astronomische breedte van de maan, als de maan zoo vèr mogelijk van de ecliptica verwijderd is. Deze is dus maximaal ± 5°.

RK en Astronomische lengte van de maan, kunnen blijkbaar bedragen van 0° tot 360°.

De knoopenlijn heeft *geen vaste ligging.* In ± 18½ jaar draait ze om. De knoopen verplaatsen zich dus in dienzelfden tijd ook 360°, en wel in een richting tegengesteld aan den maandelijkschen loop der maan. Een omloop van Klimmende Knoop tot Klimmende Knoop is dus korter dan een siderische maand (welke, zooals we zagen,

± 27⅓ dag duurt); deze heet *draconietische maand* en duurt 27 d. 5 u. 5 m. 35,7 sec.

De zon legt per dag ongeveer 1° in haar baan af; de maan ongeveer $\frac{360^\circ}{27\frac{1}{3}} = 13^\circ$.

Als de maan nu één (siderischen) omloop volbracht heeft, dan heeft de zon dus ongeveer 27⅓° in haar baan afgelegd. Om de zon in te halen heeft de maan blijkbaar noodig: 27⅓°: (13°—1°) = ruim 2 dagen. Dan pas is de *synodische maand* om; deze duurt gemiddeld 29 d. 12 u. 44 m. 2,8 sec. of *29½ dag.* (Door verschillende oorzaken kan de werkelijke duur der synodische maand tot 6½ uur van dit gemiddelde afwijken).

Opmerking. Zoek de overeenkomst in de verklaring in § 106 en in de laatste alinea van deze §.

§ 120. **Plaats van de Maan op de globe te bepalen.** Als we voor een oogenblik aannemen, dat de maanbaan *niet* een hoek van ± 5° maakte met Ecliptica, doch ermee samenviel, dan zou de maan dus dezelfde baan aan den hemel beschrijven als de zon, doch die baan veel sneller afleggen, nl. in een maand.

Dan zouden Nieuwe Maan en Zon op hetzelfde punt in de Ecliptica staan (in conjuctie); Eerste Kwartier zou dan 90° verder in de Ecliptica staan dan de zon (in quadratuur); Volle Maan zou 180° verder staan dan de zon (in oppositie); Laatste Kwartier zou 270° verder in de Ecliptica staan dan de zon (in quadratuur).

Stel nu, dat het in zeker jaar op 12 April Eerste Kwartier was. We zoeken nu de lengte van de Zon op 12 April. Die is 21°. De lengte van Eerste Kwartier zou dan zijn 21° + 90° = 111°, en we konden dus precies aangeven, waar de maan op de globe moest staan.

Nu kan de plaats, die de maan *werkelijk* op de globe moest innemen, *hoogstens* 5° ten N. of ten Z. liggen van het punt in de Ecliptica, dat we gevonden hebben (aangezien de maanbaan zich hoogstens 5° ten N. of ten Z. van de Ecliptica verwijdert).

We kunnen dus op deze manier met een vrij groote mate van juistheid de plaats van de maan vinden, als we den *datum* en de *schijngestalte* kennen.

Opgaven. Wijs de plaats der maan op de globe, als het op 30 Juli V. M. is; op 12 Dec. L. K.; op 1 Jan. N. M.

§ 121. **Tijden van opkomst, bovenste culminatie en ondergang van de maan.** De zon legt per dag ± 1° aan den hemel af. De maan ruim 13°. De maan legt dus per dag ruim 12° meer af dan de zon. Beide bewegingen geschieden van West door Zuid naar Oost.

De aarde draait om haar as eveneens van West door Zuid naar Oost.

Stel nu, dat het in Amsterdam 12 uur 's middags is. Dan staat de zon dus in den meridiaan van Amsterdam. Als het nu Nieuwe Maan is, dan staat de Maan dus óók in den meridiaan van Amsterdam.

Nu draait de aarde om, en na een etmaal staat de zon weer in den meridiaan van Amsterdam. Maar de maan is ruim 12° (gemiddeld 12°19′) verder oostwaarts gekomen, dan de zon. De aarde moet dus nog *ruim* 12° omdraaien, alvorens de meridiaan van Amsterdam door de maan gaat. De aarde kan de maan wel inhalen, want ze draait sneller om haar as, dan de maan langs den hemel loopt. Hiervoor heeft ze dus *iets meer* noodig dan 12 × 4 min., nl. ongeveer 50 minuten.

Elken dag *culmineert* de maan dus ± 50 min. later dan den vorigen dag. Daar de maan niet met eenparige snelheid haar baan doorloopt, kan het verschil van 37 min. tot 65 minuten groot worden.

De tijden van *opkomst* en *ondergang* van de maan zijn aan nog sterker veranderingen onderhevig, doordat de declinatie van de maan, de datum en de breedte der plaats van waarneming daarop óók van invloed zijn. Voor Nederland zijn de verschillen daardoor van 10 tot 90 minuten.

§ 122. **Maansverduistering.** Uit de fig. blijkt voldoende, dat een

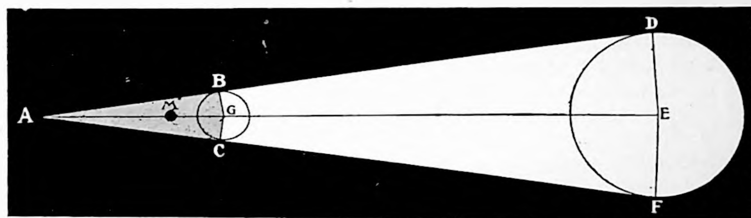


Fig. 59. Maansverduistering. De maan passeert de aardschaduw op 1/4 van haar lengte en duikt er geheel in weg. Niettemin zien we haar toch bij „volledige" maansverduistering.

maansverduistering ontstaat, als de maan in den schaduwkegel van de aarde komt.

We hebben nu na te gaan:

1°. Is de aardschaduw lang en breed genoeg, zoodat de maan er geheel in kan wegschuilen?

2°. Hoe komt het, dat er niet elke maand een maansverduistering is, zooals de teekening zou doen vermoeden?

3°. Nog enkele bijzonderheden.

1. *Lengte der aardschaduw.*

Stel dat DE de straal van de zon voorstelt, en BG de straal van de aarde. △ ABG ∽ △ ADE. Dus DE : BG = AE : AG. Aangezien DE (de straal der zon) ± 100 × zoo groot is als BG (de straal der aarde), is ook AG ± $\frac{1}{100}$ van AE of $\frac{1}{99}$ van GE. Nu is EG, de afstand van de zon tot de aarde, ruim 24000 aardstralen. Dus AG is ruim 240 aardstralen.

De afstand van de maan tot de aarde is gemiddeld 60 aardstralen. De maan zal dus ongeveer op het punt M, d. i. op $^1/_4$ van de lengte van den schaduwkegel, in de aardschaduw staan.

Het is gemakkelijk in te zien, dat de middellijn der aardschaduw bij 't punt M $\pm$ $^3/_4$ is van de middellijn der aarde. De middellijn der maan is $\pm$ $^1/_4$ van de middellijn der aarde. Dus kan de maan ruimschoots wegschuilen in de aardschaduw.

2. *Er is niet elke maand een maansverduistering.*

In fig. 56 is de maanbaan geteekend in 't zelfde vlak als de aardbaan. Maar ze maakt er een hoek van $\pm$ 5° mee. We moeten ons dus de maanbaan half boven en half onder 't papier denken. Die afstand kan in werkelijkheid tot ruim 5 aardstralen bedragen. Er is dus heel veel kans dat de maan onder of boven de aardschaduw passeert. In beide gevallen is er *geen* maansverduistering.

Doordien nu de maanbaan voortdurend draait (zie bldz. 109), 't geen blijkt uit de verplaatsing der knoopen, zal het soms wèl en soms niet gebeuren, dat de maan *bij Volle Maan* in de aardschaduw komt.

Het blijkt nu, dat de maan moet staan *in, of zeer nabij een der knoopen* (want dan staat ze tevens in of zeer nabij 't vlak der aardbaan), wil er een *totale maansverduistering* plaats grijpen.

't Kan ook gebeuren, als de maan niet precies in een der knoopen staat, dat ze zich door de bovenhelft of door de onderhelft der aardschaduw beweegt; dan is er een *gedeeltelijke maansverduistering.*

Aangezien de knoopen van de maanbaan in $\pm$ $18^1/_2$ jaar een omloop voltooien, zullen de maansverduisteringen zich herhalen met een periode van $\pm$ $18^1/_2$ jaar.

3. *Verdere opmerkingen.*

a) Als de maan z.g. totaal verduisterd is, zien we haar tòch nog, nl. met een zwak, rossig licht. Dit is licht van zonnestralen, die gebroken zijn in den dampkring der aarde en nu de maan treffen. Van den toestand des dampkrings hangt het dus af, of de maan tijdens een verduistering veel of weinig licht ontvangt. Toen kort na de uitbarsting van den Krakatau (1883) in de hoogere luchtlagen veel vulkanisch stof zweefde, was de totaal verduisterde maan inderdaad niet te zien.

b) Een maansverduistering kan blijkbaar alleen maar plaats hebben bij Volle maan.

c) Een maansverduistering treedt voor alle punten van de aarde op 't zelfde oogenblik in, 't geen licht te begrijpen is.

§ 123. **Zonsverduistering.** Blijkens fig. 60 ontstaat er een zonsverduistering, als de maan tusschen aarde en zon staat, en de drie hemellichamen ongeveer in één lijn zich bevinden.

Blijkbaar wordt feitelijk de *aarde* verduisterd en moesten we van een *aardverduistering* spreken.

De gemiddelde lengte van de maanschaduw is te berekenen op over-

eenkomstige wijze als de lengte der aardschaduw. We vinden dan ± 60 aardstralen als lengte, dus ongeveer evenveel als de afstand van de aarde tot aan de maan.

Doordien de afstand van de maan tot de aarde niet altijd even groot is, komt het soms voor, dat de maanschaduw wèl op de aarde valt (zooals in de fig. is voorgesteld), soms niet.

Als het middelpunt van de maan juist (of zéér nabij) de lijn passeert die 't middelpunt van aarde en zon verbindt, dan is er een *centrale zonsverduistering*, die òf *totaal* òf gedeeltelijk en dan *ringvormig* is. Totaal, als de maan dicht bij de aarde staat (in of bij haar perigeum) en dus *schijnbaar grooter* is dan de zon; ringvormig in het tegenovergestelde geval (in of bij het apogeum).

Als het middelpunt van de maan boven of onder de lijn passeert,

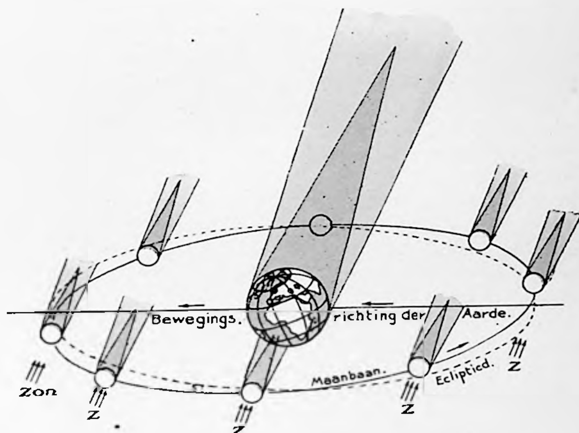


Fig. 60. Een zons- en een maansverduistering. Let op de evenwijdige richtingen der zonnestralen en de evenwijdige richtingen der schaduwkegels van aarde en maan.

die de middelpunten van aarde en zon verbindt, kan er alleen een *gedeeltelijke* zonsverduistering plaats hebben.

Uit de fig. blijkt, dat een zonsverduistering alleen maar kan plaats hebben bij Nieuwe Maan.

Door den hoek, dien maanbaan en aardbaan maken, is er niet elke maand een zonsverduistering.

De plaatsen op aarde, die in de *kernschaduw* der maan komen te liggen, hebben een totale zonsverduistering. Deze kernschaduw beweegt zich over de aarde tengevolge van de beweging der maan, en de jaar-

lijksche en dagelijksche beweging der aarde. Verschillende plaatsen op aarde hebben dus een totale zonsverduistering op verschillende tijdstippen. De plaatsen, die in de bijschaduw der maan liggen, hebben een gedeeltelijke (niet ringvormige) zonsverduistering.

Totale zonsverduisteringen zijn voor de wetenschap van veel belang, vandaar dat altijd verschillende expedities deze gaan waarnemen (zie bldz. 116; Corona).

§ 124. **Nog een en ander omtrent de Maan.** Door een kijker beschouwd, vertoont het maanoppervlak lange *ketengebergten; walbergen* in den vorm van een ring; *kloven*, die dwars door bergen en dalen gaan; *lichte strepen*, die in rechte lijnen zich uitstrekken, soms straalvormig om een middelpunt. Men weet deze laatste nog niet te verklaren. De bergen zijn steil en zeer hoog, tot 6000 M., 't geen voor de maan, welker straal slechts ¼ van die der aarde bedraagt, betrekkelijk grooter hoogte is dan die van de hoogste bergen op aarde (8880 M.).

Vele vlakke terreinen hebben een donkere kleur, doordat ze minder licht weerkaatsen; 't zijn de *vlekken* op de maan. De meeste dragen den naam van zeeën, doch dat zijn ze niet. Men bezit zeer schoone photographieën van 't zichtbare deel der maan, ook stereoskopische, die op zeer ingenieuze wijze zijn verkregen; ook zijn er zeer uitvoerige maankaarten.

De beste tijd om de maan te bekijken is *niet* V. M., omdat het licht dan te veel loodrecht op de maan valt, maar E. K. en L. K. Dan ziet men ook zeer fraai de scherpe slagschaduwen der bergen en soms, in het donkere gedeelte, nog enkele verlichte bergtoppen, wier voet in 't duister staat (zie bldz. 106).

Veranderingen op de maan heeft men nog niet met zekerheid kunnen constateeren. Theoretisch staat het echter vast, dat het groote verschil in temperatuur in de tijden dat een maangedeelte wél en niet verlicht is, een sterke mechanische verweering moet tengevolge hebben.

Het licht van de V. M. is $\pm \frac{1}{570000}$ van dat der zon, E. K. en L. K. geven belangrijk minder licht dan men, naar hun oppervlakte te rekenen, zou denken.

De warmte, die de maan van de zon ontvangt, wordt voor een klein deel direct teruggekaatst, o.a. naar de aarde; voor een ander deel eerst geabsorbeerd en daarna weer afgegeven door warmteuitstraling. Met een thermometer is de warmtestraling van de maan *niet* aan te toonen; wel is dit gelukt met een thermo-electrische zuil. Invloed op het weer heeft deze dus stellig *niet*. Ze wordt geschat op $\frac{1}{82000}$ à $\frac{1}{185000}$ van de warmte, die wij van de zon ontvangen. De schattingen zijn echter niet zeer nauwkeurig. Als het maanoppervlak niet verlicht wordt, neemt het spoedig een temperatuur aan, welke dicht ligt bij die van het wereldruim (−273° C.).

De maan heeft geen atmosfeer. Dat blijkt, *a*) door dien het zonlicht

niet wordt gebroken; *b*) door de scherpe schaduwen van de bergen; *c*) doordien bij een sterbedekking de ster niet eerst in lichtsterkte afneemt, doch met volle helderheid blijft schijnen, totdat de rand der maan er over schuift. Theoretisch zou de maan wel een atmosfeer *kunnen* hebben, doch dan eene, die geen grootere dichtheid had dan $\frac{1}{1000}$ van de aardatmosfeer.

Aangezien er geen atmosfeer is, kan er ook geen water op de maan zijn, en geen wolken. Christiaan Huyghens heeft het eerst deze meening verkondigd.

In den tijd, dat de maan om de aarde loopt, draait ze ook om haar as. We zien dus steeds *dezelfde helft*, evenals van iemand, die in een cirkel om ons heen zou loopen, en steeds met het gezicht naar ons gekeerd bleef.

Door drie oorzaken zien we echter iets meer dan de helft (59 %).

De maan nl. beschrijft geen cirkel, doch een ellips om de aarde. De snelheid, waarmee de maan om de aarde loopt, is dus niet eenparig. Maar de rotatie is wèl eenparig. Dus kan er geen algeheele overeenstemming zijn. Daardoor zien we soms deelen van de maan, die we op andere tijden niet zien. Dit verschijnsel heet: *libratie in de lengte*.

Een tweede oorzaak is, dat de as der maan een schuinen hoek maakt met de maanbaan, en steeds aan zichzelf parallel blijft. Daardoor zien we nu eens de Noordpool en na een halve maand de Zuidpool, en dus in 't verloop eener maand meer dan de helft. Dit heet de *libratie in de breedte*.

Een derde verschijnsel is de *dagelijksche* (ook wel optische of parallactische) *libratie:* Als we van twee ver verwijderde punten op aarde, bv. van de Noordpool en de Zuidpool, de maan bekijken, zullen we twee verschillende helften van de maan zien. Dit komt, doordien de aarde zoo groot is en de maan zoo dicht bij.

Galilei heeft reeds deze drie libraties verklaard.

De maan heeft een straal van 1740 KM., dus ± $\frac{1}{4}$ van die der aarde; haar volumen is $\frac{1}{49}$ (zeg $\frac{1}{50}$) van dat der aarde; s. g. = 3.4, dus $\frac{3}{5}$ van het s.g. der aarde; de massa is $\frac{1}{81}$ van die der aarde; de zwaartekracht aan de oppervlakte is 0.17 van die der aarde; de afstand van de maan tot de aarde is gemiddeld 384.420 KM. en varieert van 363.310 KM. tot 405.530 KM.

HOOFDSTUK IX.

De Zon.

§ 125. **Photosfeer, omkeerende laag, chromosfeer, corona, fakkels, vlekken, protuberanzen.** De zon is de bron van alle leven hier op aarde. Aan haar zal dus een afzonderlijk hoofdstuk gewijd worden. Onaangevochten kennis omtrent de samenstelling van de zon en de oorzaak van haar licht en warmte, bestaat niet. Daarvoor zijn verschillende theoriën. De opvattingen volgens de meest gangbare dier theorieën mogen hier volgen:

Van de zon ziet men slechts den buitenkant, de *photosfeer*, welke bestaat uit gloeiende gassen. Deze geeft het gele zonlicht. Ze doet zich in den kijker voor, alsof ze geheel gevlekt was. Die *lichte* vlekjes zijn zeer verschillend beschreven en verklaard. Tegenwoordig neemt men aan als het meest waarschijnlijke, dat ze een gevolg zijn van breking der lichtstralen en dus niet iets reëels.

Op de photosfeer worden groote, donkere *vlekken* waargenomen. Deze bestaan uit een (schijnbaar) donkere *kern* en een minder donkere omranding, de *penumbra*. Gebleken is, dat de kern slechts donker schijnt door de hel verlichte omgeving, doch inderdaad nog veel licht uitstraalt. Het overgroote deel der vlekken zijn diepe kuilen (tot 8000 KM. toe) in de photosfeer; sommige echter zijn verhevenheden; van andere heeft men niet kunnen uitmaken, wat ze waren. De grootte is zeer verschillend: de grootste, die werd waargenomen, had een grootste middellijn van 230.000 KM. (= 18 × de middellijn der aarde!) De vlekken zijn niet gelijkmatig over de zon verspreid. Ze hebben een eigen beweging, en voorts nemen ze deel aan de rotatie der zon in $25\frac{1}{4}$ dag, welke juist door de beweging der zonnevlekken kon worden aangetoond. Overigens is de rotatie in de photosfeer naar de polen toe grooter dan aan den zonne-equator.

De zonnevlekken vormen zich 't meest aan de van de aarde afgekeerde zijde der zon. Na een bestaan van langer of korter duur verdwijnen ze. Er wordt een heftige beweging in de vlekken waargenomen, en ze werken als een magnetisch veld.

In een tijdperk van gemiddeld $11\frac{1}{3}$ jaar is er een maximum en een minimum van zonnevlekken. De zonnevlekken schijnen invloed te hebben op de „magnetische stormen" op aarde; op het Noorderlicht; op de temperatuur en misschien zelfs op de vorming van cyclonen.

Bij de vlekken worden heldere lichtaderen waargenomen, die *fakkels* heeten. Soms begint de vorming van een vlek met het optreden van fakkels. Deze bestaan uit gloeienden calciumdamp. Door spectro-heliografische opnamen kan men den geheelen dag photo's van de fakkels maken.

Als de zon totaal verduisterd is, en dàn alleen, ziet men buiten den

zwarten maancirkel een prachtig wit schijnsel rondom de zon, de *corona* (= lichtkrans) geheeten. Ze strekt zich ver in 't heelal uit, en haar vorm en grootte staan in verband met de hoeveelheid der zonnevlekken. Ze bestaat uit zeer dun verdeelde gloeiende gassen, waaronder ook voorkomt een op aarde tot nog toe onbekend gas, dat men coronium heeft genoemd, en dat ook nog niet in 't zonnespectrum is gevonden.

Gaan we nu weer terug naar de theorie over de zon. Boven de photosfeer bevindt zich de *omkeerende laag*, ter dikte van 56 tot 3000 KM., met een gemiddelde van 700 KM. Ze bestaat uit zware gassen. Deze slorpen vele lichtstralen van de photosfeer op en doen daardoor de Fraunhofersche strepen ontstaan in het spectrum. Deze laag kan alleen gefotografeerd worden gedurende een korten tijd nà 't begin eener totale zonsverduistering (½ sec. à 7 sec.) De bovengrens van de omkeerende laag is zeer onregelmatig, doordien er voortdurend gas-erupties plaats hebben, die misschien de metallische protuberanzen vormen. De naam: omkeerende laag, wordt niet door alle astronomen gebezigd, op gronden ontleend aan den aard van het spectrum dezer laag.

Boven de omkeerende laag ligt de *chromosfeer* (= gekleurde ring) ter dikte van 7000 KM. tot 11000 KM. Het is een rozerood gekleurde laag, waaruit vlammen optreden. Deze heeten de *protuberanzen*. Beide bestaan uit gloeiende waterstof. De protuberanzen dragen het karakter eener uitbarsting, of hebben het voorkomen van wolken. Vandaar dat men ze in twee groepen verdeelt. Misschien stammen sommige van die wolken wel uit de omkeerende laag. De protuberanzen zijn gemiddeld 35000 KM. groot, doch er zijn uitbarstingen waargenomen tot 570.000 KM. hoogte. Daarbij zou de uitbarstende stof zich van de zon verwijderd hebben met een snelheid van 334 KM. per seconde, 't geen sommigen wel wat onwaarschijnlijk vinden. De opvlammende protuberanzen duren in den regel slechts kort; de wolkvormige soms weken. Beide soorten worden dagelijks gefotografeerd met een spectroscoop met wijde spleet.

Tegenover 't geen hier is vermeld omtrent de protuberanzen, staat o.a. een theorie van Prof. Julius, welke alle verschijnselen anders en eenvoudiger verklaart, doch welke nog niet zooveel aanhangers heeft onder de astronomen.

§ 126. **Getallen omtrent de zon.** (Om eens door te lezen). De afstand van de zon tot de aarde is gemiddeld 149.500.000 KM. Deze afstand is een eenheid, waarin de astronomen afstanden in 't heelal uitdrukken: 't is *een astronomische eenheid.*

De straal van de zon is 695.450 KM. = 109 × die der aarde. Het oppervlak is dus 109 × 109 × dat der aarde, en de inhoud 109^3 × die der aarde = 1.300.000 × die der aarde. Het s.g. is slechts 1,4. De massa is 330.000 × die der aarde. De zwaartekracht op de zon is 27½ × die op aarde. Slechts $\frac{1}{2.740.000.000}$ ste deel van de aantrekkingskracht der zon

werkt op de aarde. En dit kleine deel bepaalt den jaarlijkschen loop van onze planeet!

Het licht der zon wordt geschat op 1340.000000.000000.000000.000000 normaalkaarsen; het is bijna 600.000 keer zoo sterk als dat van de volle maan op gemiddelden afstand. Op aarde is 't zonlicht even sterk als 50.000 normaalkaarsen. Al deze getallen zijn niet zeer nauwkeurig.

Zeer stellig is de zon lang niet zoo helder als de sterren der eerste grootte. Stond de zon op de plaats van Wega, dan zou ze nog slechts een ster van de 4de of 5de grootte zijn.

De warmteuitstraling der zon schat men op 580.000.000000.000000.000000 paardekracht. Daarvan ontvangt de aarde ongeveer $\frac{1}{2200.000000}$ ste deel. Deze hoeveelheid zou voldoende zijn om in een jaar een laag ijs rondom de aarde van 40 M. dikte te smelten.

Men heeft gemeend, dat de zonnewarmte ontstond door samentrekking van de zon; door het neervallen van meteorieten op de zon; door de vorming van chemische verbindingen; door de radio-actieve verschijnselen ... maar geen van deze verklaringen voldoet.

HOOFDSTUK X.

Bewijzen voor den jaarlijkschen omloop van de Aarde om de Zon.

§ 127. **Inleiding.** Coppernicus had niet anders dan *waarschijnlijkheidsgronden* voor zijn bewering, dat de aarde om haar as draait en om de zon loopt. Alleen toonde hij aan, dat de bewegingen der sterren en planeten veel eenvoudiger zijn te verklaren door aan te nemen, dat de zon in 't middelpunt staat, dan dat de aarde het midden van 't heelal zou wezen.

Werkelijke *bewijzen* zijn eerst naderhand gevonden: voor de aswenteling: de afplatting der aarde, de slingerproeven, etc. zie § 39; voor de revolutie worden gewoonlijk aangehaald: *a*) de praecessie, *b*) de nutatie, *c*) de aberratie, *d*) de jaarlijksche parallaxe der vaste sterren. Hierbij kunnen nog gevoegd worden: de waarnemingen omtrent de rotatie der planeten; waarnemingen omtrent den omloop der manen om de planeten; waarnemingen omtrent de lichtperiode van veranderlijke sterren; de spectraalverschuiving; 't aantal der vallende sterren gedurende den nacht.

§ 128. **De Praecessie.** De aarde is niet een zuivere bol. De „verdikking" naar den evenaar toe, voorgesteld in fig. 61, kunnen we den *equatorialen ring* noemen.

De wederzijdsche aantrekking van aarde en zon kunnen we ons voorstellen, geconcentreerd te zijn in het middelpunt van aarde en zon, en te werken langs de lijn C—Zon.

Voor een toestand van rust zou het nu noodig zijn, dat de aardas loodrecht stond op de lijn CZ. Dan viel het vlak van den equator in de lijn CZ.

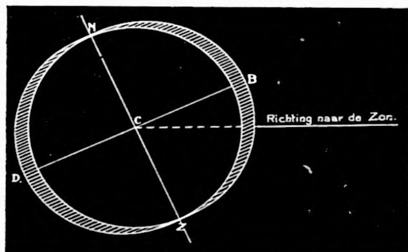


Fig. 61. De equatoriale ring is, in verband met de revolutie, oorzaak van de praecessie van het Lentepunt. Eerste bewijs voor den omloop der aarde om de zon.

Dit is echter alleen 't geval op 21 Maart en 23 Sept. Op alle andere dagen van 't jaar is er dus geen toestand van rust, wat betreft den stand der aardas. Deze zal een neiging vertoonen, om loodrecht te gaan staan.

Maar de aarde draait om haar as. En de as van een draaiend voorwerp heeft de neiging om haar oorspronkelijken stand te bewaren.

't Gevolg van deze twee invloeden op de aardas is, dat deze een langzame beweging maakt langs een kegelmantel, en wel in den tijd van bijna 26000 jaar.

Dit alles is 't eerst verklaard door Newton als een gevolg van zijn algemeene wet der gravitatie (= aantrekkingskracht). Met behulp van differentiaal- en integraalrekening, die naderhand zijn uitgevonden, is het bewijs nog veel nauwkeuriger en volkomen wiskundig gegeven.

't Gevolg van deze beweging is, dat de pool een cirkel aan den hemel beschrijft. De Noordpool des hemels heeft dus niet een vaste plaats onder de sterren. Ze ligt bv. tegenwoordig ± 1¼° van de Noordpoolster af; doch men kent oude voorstellingen van den sterrenhemel, waarop ze 12° van de Noordpoolster af staat.

Een ander gevolg is, dat het vlak van den hemelequator, 't welk loodrecht staat op de hemelas, ook die beweging meemaakt. Daardoor verplaatst zich het snijpunt van den hemelequator met de ecliptica: het Lentepunt verplaatst zich. Dit is de praecessie van 't Lentepunt (zie § 89).

Wij hebben fig. 45 aldus te begrijpen, dat, als we 26000 jaar den tijd hadden, we na 6500 jaar zouden zien, dat de aardas niet naar rechts helde, doch naar ons toe. Dan zou dus op 21 Dec. dag- en nachtevening zijn; op 21 Maart zou de zon boven den Noorderkeerkring staan, enz.

Na nog eens 6500 jaar zou de aardas naar links wijzen en de jaargetijden zouden omgekeerd zijn als nu.

Reeds Hipparchus (150 j. v. C.) had het verschijnsel der praecessie waargenomen. Eerst Newton heeft het kunnen verklaren, en wel als een

gevolg van de aantrekkingskracht in verband met de jaarlijksche beweging der aarde. *Dit bewijs is het, waardoor eindelijk de jaarlijksche beweging der aarde om de zon op onwederlegbare manior bewezen was.* Voorloopig bleef het alleen in de kringen van Engelsche vakgeleerden bekend. Voltaire heeft door zijn „Exposition nouvelle du système de Newton (1738) den inhoud van het boek meer bekend gemaakt op het vasteland van Europa.

Dit bewijs werd nog verfijnd, doordat men erin slaagde, een reeks van afwijkingen in den loop van de Noordpool des hemels, *nutatie* geheeten, te verklaren door dezelfde wetten.

§ 128. **De Nutatie.** De afstand van de aarde tot de zon verschilt voortdurend door den elliptischen vorm der aardbaan. De kracht, waarmee de equatoriale ring in de richting van de lijn CZ wordt getrokken, verandert dus ook voortdurend.

Niet alleen de zon, maar ook de maan doet haar invloed gevoelen op den stand van den equatoritalen ring. Ook de afstand: maan—aarde is verschillend. Eveneens de stand van het vlak der aardequator ten opzichte van de maanbaan.

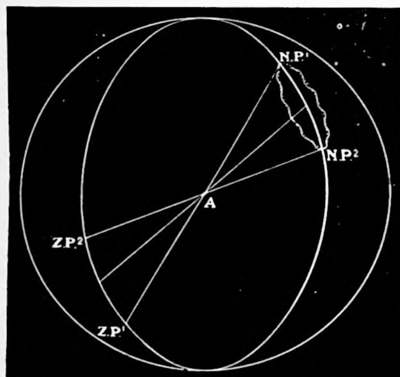


Fig. 62. Tweede bewijs voor de revolutie: de nutatie is een wijziging van de beweging der aardas, welke de praecessie tengevolge heeft.

Door al die wisselende invloeden is de beweging der aardas in 26000 jaar niet zuiver langs een kegelmantel, doch ze ondervindt allerlei afwijkingen. Deze afwijkingen vat men samen onder den naam: *nutatie.*

In fig. 62 is A 't middelpunt der Aarde. A—Np¹ en A—Np² zijn twee richtingen der aardas met een verschil van 13000 jaar. De gestippelde ellips is de cirkel, dien de Noordpool aan den hemel zou beschrijven zonder de nutatie. (De groote cirkel stelt den hemelbol voor). De kleine bochten in den gestippelden cirkel vormen nu samen de nutatie. Ze zijn alle nauwkeurig berekend en te vinden in de astronomische tabellen.

De nutatie is 't eerst waargenomen door Bradley, terwijl hij naar iets anders zocht, nl. naar de jaarlijksche parallaxe der vaste sterren (zie aldaar en ook bij aberratie). De verklaring van dit verschijnsel is gegeven door Euler en d'Alembert.

§ 129. **De Aberratie (van het licht).** Stel, dat 1, 2 en 3 verschillende, evenwijdige standen van een bewegende buis voorstellen, en 4 de richting, waarin een voorwerp zich beweegt.

Indien nu op zeker oogenblik het voorwerp in a is, juist midden in de opening van de buis, en we houden de buis stil, dan zal het voorwerp blijkbaar bij e tegen den binnenrand der buis vallen. Als we echter de buis evenwijdig aan zichzelf verplaatsen, dan zullen we het zóó kunnen doen, dat het midden van de buis (b) juist op de lijn 4 ligt. We moeten dan de buis bewegen van a′ naar b′ *in denzelfden tijd* als waarin het voorwerp zich beweegt van a naar b; of de buis van a′ naar c in denzelfden tijd als het voorwerp van a naar c. Dan zal dus het voorwerp door de buis vallen zonder de wanden aan te raken, nl. juist langs de middellijn.

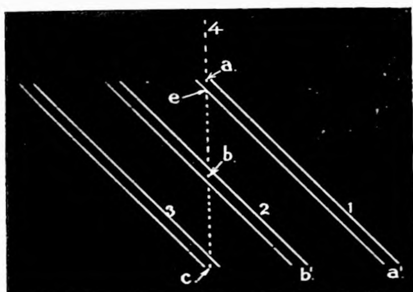


Fig. 63. Derde bewijs voor de revolutie: de aberratie. Dit is een optisch bewijs en heeft niets te maken met de wet van Newton omtrent de zwaartekracht.

Iemand, die er naar kijkt, zal nu echter niet den indruk krijgen, dat het voorwerp zich beweegt in de richting van lijn 4, doch krijgt den indruk, alsof het zich beweegt in de schuine richting, aangegeven door de buis.

Indien we nu de snelheid, waarmee de buis wordt voortbewogen, vergrooten, dan zou het voorwerp niet langs de middellijn loopen, doch tegen den wand aanslaan. Om dit te voorkomen, moeten we de buis meer voorover houden.

Bewegen we de buis langzamer, dan moet ze meer rechtop gehouden worden; bewegen we haar in 't geheel niet, dan moet ze precies loodrecht staan.

Wanneer we dit nu toepassen op ons onderwerp, dan is de buis: een telescoop; de beweging van den telescoop wordt veroorzaakt door de beweging van de aarde om de zon; het vallende voorwerp is een lichtstraal, die van een ster op de aarde valt, juist langs de middellijn van den telescoop.

Hieruit blijkt dus, dat de telescoop niet is gericht op de ster, doch eenigszins overhelt in de richting, waarheen de aarde zich beweegt ten opzichte van de ster. De ster schijnt zich dus ook in die richting te verplaatsen.

Dit verschijnsel heet de *aberratie* (= afwijking). (Feitelijk wijkt het *licht*

niet af, zooals we zagen). De sterren schijnen daardoor een kleine baan aan den hemel te beschrijven, alle in den tijd van 365 dagen. De vorm dezer banen verschilt, naarmate van den stand, dien de ster inneemt ten opzichte van de aardbaan.

De grootst mogelijke aberratie is 41". Deze hoek is even groot als de hoek, waaronder men een persoon van 2 M. lengte zou zien op 10 KM. afstand! Zeer klein dus.

Indien de aarde stilstond in 't middelpunt der wereld, zou er geen sprake zijn van aberratie en dus hebben we hierin een onweerlegbaar bewijs voor de Revolutie.

Dit verschijnsel (evenals de nutatie) is ontdekt door Bradley in Kew (bij Londen), die van Dec. 1725 tot Dec. 1726 de ster γ Draconis, welke dicht bij het toppunt van Kew culmineert, waarnam met een geheel ander doel, nl. om de parallaxe te bepalen. Hij heeft het verschijnsel dadelijk kunnen verklaren als een gevolg van de revolutie der aarde om de zon. Dit is een *optisch* bewijs, en heeft dus niets te maken met de wetten van Newton. Daardoor is de bewijskracht des te grooter.

§ 130. **De Jaarlijksche Parallaxe der vaste sterren.** Stel, dat 1, 2, 3, 4 de Aardbaan is, en ABDE de Ecliptica. AFC en DFE zijn dan twee grootcirkels aan 't hemelgewelf. S is een ster, die we ons moeten denken ergens *in* den halven bol ABDCEF en in 't vlak van cirkel DFE. De grootcirkel DFE staat op de lijn DE.

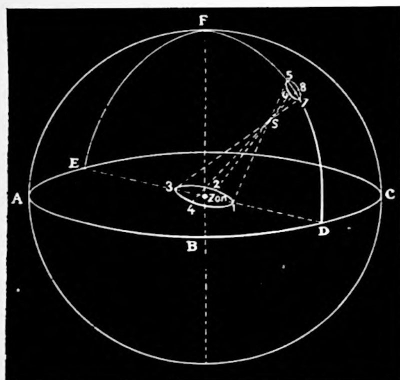


Fig. 61. Vierde bewijs voor de revolutie: de Parallaxe der vaste sterren. Dit heeft evenmin als de aberratie iets te maken met de wetten van Newton.

Als nu de aarde in 1 is, zien we de ster geprojecteerd op den cirkel DFE in 't punt 5. Is de aarde in 2 (dus *achter* DE), dan zien we de ster geprojecteerd in 6 (dus *vóór* cirkel DFE). Is de aarde in 3, dan zien we de ster in 7; en is de aarde in 4, dan zien we de ster in 8.

De ster schijnt dus een kromme baan te beschrijven in 365 dagen; doch in een richting *tegenovergesteld* aan die der aarde. Dit is de parallactische baan van de ster. Indien men den afstand van een voorwerp tot onze standplaats niet rechtstreeks kan *meten*, kan men dien afstand *berekenen* door de hoeken te bepalen van de uiteinden van een gegeven lijn, bazis genoemd, tot naar dit voorwerp.

Den hoek, waaronder men uit het voorwerp, den bazis ziet, heet de *parallaxe* of het *verschilzicht.*

Op deze wijze bepaalt men den afstand van de sterren tot de aarde. Als bazis neemt men daarbij aan: de halve groote as der aardbaan.

De jaarlijksche parallaxe van een vaste ster is de hoek, waaronder uit die ster de halve groote as der aardbaan gezien wordt.

Stond de ster in de lijn ZF, die loodrecht op de Ecliptica staat in 't middelpunt dan zou de parallactische baan congruent zijn met de aardbaan, en doordien ze zoo klein lijkt, nog minder van een cirkel afwijken dan de aardbaan; we kunnen dus zeggen, dat de parallactische baan dan een *cirkel* zou zijn.

Stond de ster in het vlak der Ecliptica, dan zou ze zich (schijnbaar) langs een rechte lijn heen en weer bewegen. Hoe dichter de ster dus bij de Ecliptica staat, des te *smaller* is haar parallactische baan.

De twee gevallen, dat de parallactische baan een cirkel of een rechte baan is, zijn blijkbaar grensgevallen. *In 't algemeen zijn de parallactische banen der vaste sterren dus ellipsen.*

Een tweede opmerking is deze: Hoe verder een ster van de aarde afstaat, des te *kleiner* zal de parallactische baan zijn. Hierin hebben we dus een middel, den afstand der sterren van de aarde te meten.

Tot nog toe is het omtrent nog slechts weinige sterren gelukt, de parallaxe, en dus den afstand, te bepalen.

Opgave. Vergelijk de aberratie- en parallactische banen naar hun duur en richting.

HOOFDSTUK XI.

Het Zonnestelsel.

§ 131. **Overzicht.** Het zonnestelsel bestaat uit:

1. De Zon.
2. De acht groote planeten.
3. Een aantal manen bij deze planeten.
4. Een zwerm van kleine planeten, planetoïden of asteroïden genaamd.
5. Een onbekend aantal kometen en meteoren.

De Zon is het centrale lichaam, dat licht en warmte uitzendt. Zij is een vaste ster, en wel de dichtstbijzijnde vaste ster. Door haar aantrekkingskracht regelt zij den loop der andere hemellichamen van het zonnestelsel. Zij staat in het gemeenschappelijk brandpunt van de banen van alle hemellichamen, die tot het zonnestelsel behooren (behalve de manen).

De *planeten* zijn donkere bollen, die een ellips met geringe excentriciteit om de zon beschrijven.

De *manen* zijn kleinere donkere bollen, die zich om een planeet bewegen. Ze heeten ook wel: sattellieten, wachters of bijplaneten.

De *planetoïden* zijn kleine, donkere hemellichamen, die in grooten getale (men kent er reeds meer dan 700) elliptische banen om de zon beschrijven. Ze verschillen van de planeten alleen daarin, dat ze zeer klein zijn.

Kometen (zie bldz. 132).

Meteoren (zie bldz. 136).

A. DE GROOTE PLANETEN.

§ 132. **Getallen (niet om uit het hoofd te leeren).** Omtrent de acht groote planeten vindt men de noodige gegevens in onderstaande tabel:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Omloopstijd in middelbare dagen.	Verhouding tusschen den-afstand-van-planeet-naar-zon en de astronomische eenh.	Afstand tot de zon in millioenen KM.	Excentriciteit der baan.	Hoek met de aardbaan.	Middellijn in verhouding tot de middellijn der aarde.	Middellijn in KM.	Massa in verhouding tot die der aarde.	Duur der rotatie.	Aantal manen.
Mercurius	88 d.	0.39	58	0.205	7° 0'11"	0.37	4.710 KM.	0.06	88 d. ?	0
Venus	225 d.	0.72	108	0,007	3°23'37"	0.97	12.320 „	0.82	225 d. ?	0
Aarde	365 d.	1.—	149	0.017	0° 0' 0"	1.—	12.756 „	1.—	23 u. 56 m. 4 sec.	1
Mars	1 j. 322 d.	1.52	228	0.093	1°51' 1"	0.54	6.890 „	0.11	24 u. 37 m. 23 sec.	2
Jupiter	11 j. 318 d.	5.20	778	0.048	1°18'31"	11.14	142.060 „	318.36	9.50	8
Saturnus	29 j. 174 d.	9.55	1428	0.056	2°29'33"	9.4	119.600 „	95.22	10.14	10
Uranus	84 j. 28 d.	19.22	2873	0.046	0°46'21"	4.0	50.700 „	14.58	?	4
Neptunus	164 j. 321 d.	30.11	4501	0.009	1°46'45"	4.3	54.400 „	17.26	?	1

§ 133. **Aanschouwelijke voorstelling van het zonnestelsel.** Op bldz. 64 hebben we een aanschouwelijke voorstelling gemaakt van aarde, zon en maan. Op dezelfde schaal willen we nu ook de acht planeten naar grootte en afstand voorstellen.

Als de aarde een bol is van 1 dM. (onze globe), dan moet de zon voorgesteld worden door een bol van bijna 11 M. middellijn; Mercurius ½ dM.; Venus bijna 1 dM.; de Aarde 1 dm.; Mars ½ dM.; Jupiter ruim 1 M.; Saturnus 9 dM.; Uranus 4 dM.; Neptunus ruim 4 dM.

De afstanden, waarop die bollen van de Zon staan, worden, op dezelfde schaal:

Afstand van de zon:

Mercurius ½ KM.; Venus 0.9 KM.; Aarde 1.2 KM.; Mars 1.8 KM.; Jupiter 6 KM.; Saturnus 12 KM; Uranus 24 KM.; Neptunus 36 KM.

§ 134. **Wet van Titius**. Een ezelsbruggetje, om de verhouding der afstanden van de acht groote planeten te onthouden, is dit:

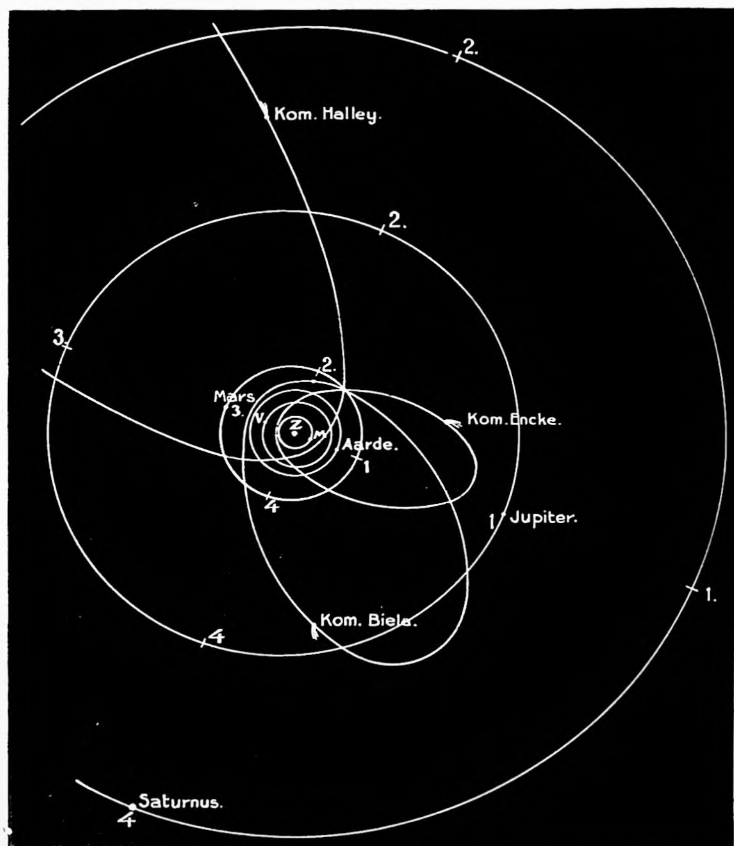


Fig. 66. De Zon; de banen van zes planeten (M = Mercurius, V = Venus); de banen van drie kometen. Op de banen der buitenplaneten is 1 de plaats waar de planeet in oppositie is met de zon bij de gegeven stand der aarde; 3 de plaats der conjunctie; 2 en 4 de plaats der quadraturen. Jupiter staat dus in oppositie, Mars in conjunctie; Saturnus in quadratuur. De staarten der kometen wijzen van de zon af.

Tel bij elk der termen van de rij:

	0	3	6	12	24	48	96	192	384
vier op:	4	7	10	16	28	52	100	196	388
	M.	V.	A.	M.	—	J.	S.	U.	N.

Als we deze cijfers vergelijken met die uit kolom 2, dan blijkt, dat de overeenstemming vrij goed opgaat, behalve voor Neptunus, terwijl een planeet ontbreekt op: 28. Dit is echter de gemiddelde afstand der kleine planeten.

Dit hulpmiddel wordt wel genoemd: de Wet van Titius of de rij van Bode (Titius vond haar in 1766; Bode heeft haar meer bekend gemaakt). Men heeft er vroeger veel waarde aan gehecht.

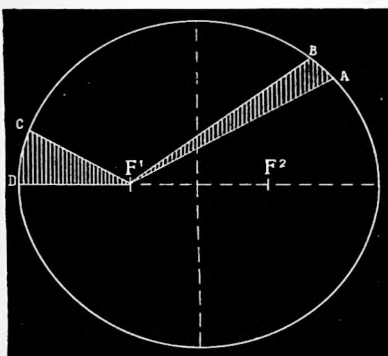


Fig. 67. Tweede wet van Kepler: de wet der perken.

§ 135. **Banen der planeten. Wetten van Kepler.** Voor de banen der planeten gelden de wetten van Kepler.

1°. *De wet der banen:* De planeten bewegen zich in ellipsen om de zon, welke in 't gemeenschappelijk brandpunt staat.

2°. *De wet der perken:* In gelijke tijden doorloopt de voerstraal eener planeet gelijke oppervlakken.

3°. *De wet der tijden:* De tweede machten van de omloopstijden van twee planeten verhouden zich als de derde machten van haar afstanden tot de zon.

Ter toelichting van de tweede wet geven we nevenstaande figuur.

Als een planeet in denzelfden tijd loopt van a naar b als van c naar d, dan zijn de gearceerde vlakken, welke door de voerstraal doorloopen worden in dien tijd, gelijk van oppervlakte.

Aangezien nu ABF′ en CDF′ zijn te beschouwen als twee driehoeken met een gelijk oppervlak, en de hoogte van den eenen driehoek zooveel grooter is als die van den anderen, zal omgekeerd de bazis van CDF′ grooter moeten zijn dan de bazis van ABF′, of wel CD > AB. Hiermee is dus tevens gezegd, dat elke planeet sneller loopt, naarmate ze dichter bij de zon is.

De derde wet kan men zelf narekenen met behulp van de gegevens uit § 132. Deze gegevens zijn echter slechts afgeronde waarden, dus *precies* komen de berekeningen niet uit. Echter wel voldoende.

Hoeken met de aardbaan.

Het blijkt, dat de hoeken, die de banen der planeten maken met de baan der aarde, niet groot zijn. De baan van Mercurius maakt een hoek van 7°; die van Venus van ruim 3°; al de andere zijn beneden $2\frac{1}{2}$°. Met elkaar vormen de groote planeten dus een soort van platten ring om de zon.

De banen der asteroïden en kometen kunnen grootere hoeken maken.

§ 136. **Grootte en massa van zon en planeten.** De grootte van zon en planeten blijkt uit achterstaande figuur. De zon is blijkbaar geweldig groot: als we ons de aarde in 't middelpunt der zon denken, dan kan de maan haar baan daaromheen beschrijven en blijft dan nog ruimschoots binnen den omtrek der zon. Immers: afstand maan—aarde is 60 aardstralen, en de straal der zon is 109 aardstralen.

Onder de planeten blijkt Jupiter de reus te zijn. Deze planeet is 2½ × zoo zwaar als alle andere samen.

Overigens is het een eigenaardig feit, dat elke planeet meer massa heeft, dan de som der massa's van de kleinere planeten. Dit blijkt uit de volgende tabel:

Massa van Mercurius	0.06 ×		die der Aarde.
„ „ Mars	0.11 ×		„
		op	
	0.17 ×		„
„ „ Venus	0.82 ×		„
		op	
	0.99 ×		„
„ „ Aarde	1.00 ×		„
		op	
	1.99 ×		„
„ „ Uranus	14.58 ×		„
		op	
	16.57 ×		„
„ „ Neptunus	17.26 ×		„
		op	
	33.83 ×		„
„ „ Saturnus	95.22 ×		„
		op	
	129.05 ×		„
„ „ Jupiter.......	318.36 ×		„
		op	
	447.41 ×		„
„ de Zon	333.432.00 ×		„

§ 137. **Standen der planeten ten opzichte van de zon.** Venus en Mercurius zweven binnen de aardbaan. Ze heeten de *binnenplaneten*; de andere (behalve de Aarde) de *buitenplaneten.*

In fig. 66 zien we, dat de buitenplaneten tegenover de zon kunnen staan (in *oppositie*) en dan is dè aarde tusschen zon en planeet in; of wel ze staan aan dezelfde zijde als de zon (in *conjunctie*). Daartusschen liggen de beide *kwadraturen.*

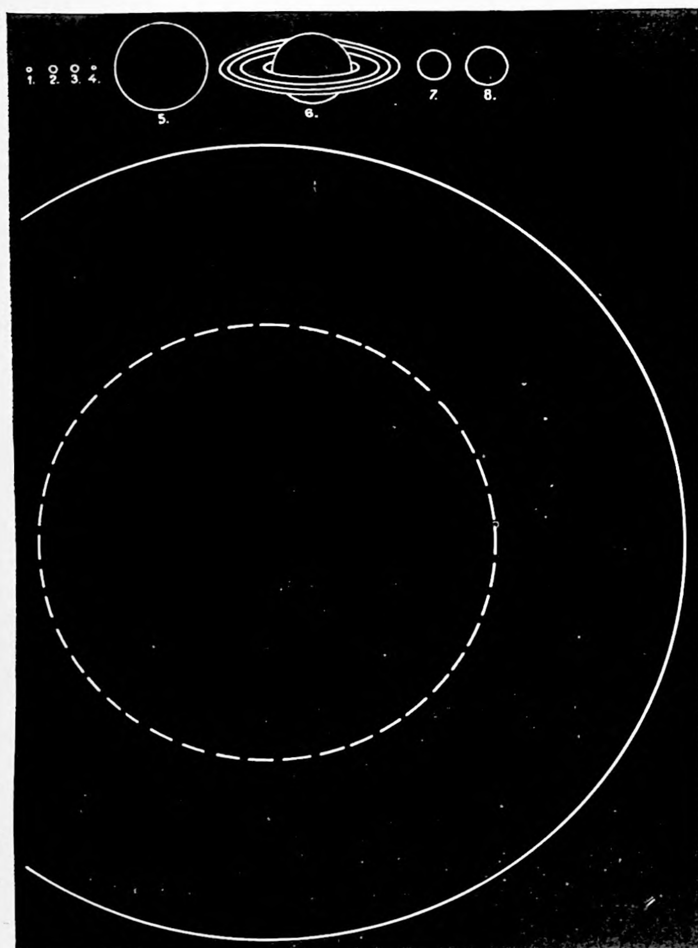


Fig. 68. De zon en de planeten zijn hier in de juiste verhouding voorgesteld: De groote cirkel is de zon; daarin stelt de gestippelde cirkel de maanbaan voor, als de aarde stond in het middelpunt der zon.
1 = Mercurius. 2 = Venus. 3 = Aarde. 4 = Mars. 5 = Jupiter.
6 = Saturnus. 7 = Uranus. 8 = Neptunus.

De binnenplaneten kunnen niet in oppositie komen door hun te kleine banen. Als ze nu tusschen aarde en zon instaan, noemt men dat haar *onderste conjunctie;* staat de zon tusschen hen en de aarde in, dan heet dit: *bovenste conjunctie* van de planeet. Daartusschen liggen de kwadraturen.

Doordien de banen der planeten bijna in 't zelfde vlak liggen als de baan der aarde, teekenen ze zich op den hemel af als lijnen, die bijna samenvallen met de Ecliptica. *We kunnen alle planeten dus vinden in de nabijheid der Ecliptica.*

De snijpunten van de schijnbare banen der planeten met de Ecliptica heeten de Knoopen. Komt een planeet benoorden de Ecliptica, dan passeert zij den Klimmenden Knoop; de andere heet de Dalende Knoop.

Het punt van de baan eener planeet, dat het dichtst bij de zon ligt, heet het Perihelium. Het punt, dat het verst van de zon ligt, is het Aphelium.

De banen van Venus en Mercurius liggen binnen de aardbaan. We kunnen deze beide planeten dus nooit heel ver van de zon af zien. De hoekafstand tusschen Venus (of M.) en de zon van de aarde afgemeten heet *elongatie.* Voor Venus is de elongatie hoogstens 48°, voor Mercurius hoogstens 28°. Het gevolg hiervan is, dat ze ook ondergaan en opgaan niet zoo heel lang vóór of na de zon, en dus ochtend- of avondster zijn (zie § 139).

§ 138. **Schijnbare loop der planeten.** De planeten beschrijven ellipsen in 't heelal. Men zou daaruit opmaken, dat uit de aarde gezien de banen zich als cirkels afteekenden op 't hemelgewelf. Nemen we echter den loop van een planeet gedurende geruimen tijd waar, dan blijkt, dat de planeet nu eens heel snel voorwaarts gaat, dan weer zeer langzaam, en soms lussen en slingers maakt en zich terug beweegt op haar baan. Hierom zijn ze door de Ouden planeten = dwaalsterren genoemd.



Fig. 69 Verschillende schijnbare banen van planeten: 1. Neptunus. 2. Saturnus. 3. Mars (1881–1882). 4. Mars (1877).

Dit alles is een gevolg van de beweging der aarde om de zon, zooals uit fig. 70 blijkt.

In 't midden der figuur denke men zich de Zon (die we hebben weggelaten om de figuur niet onduidelijk te maken), daaromheen is geteekend de baan van Mercurius; daaromheen de Aardbaan; en daaromheen 't hemelgewelf. De hoek, dien Aardbaan en Mercuriusbaan maken, is verwaarloosd. Rekenen we nu, dat de Aarde haar baan doorloopt in 360 dagen en Mercurius in 90 dagen, dan loopt Mercurius

precies 4 × zoo snel in haar baan (hoeksnelheid) als de aarde. Als nu op zeker oogenblik de Aarde in A en Mercurius in 1 is, dan zien we Mercurius in 't punt 1 aan den hemelbol (den buitensten cirkel). Is nu de aarde achtereenvolgens in B, C, D, E, F en G, dan is Mercurius tegelijkertijd in 2, 3, 4, 1, 2 en 3, doch we *zien* Mercurius in 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 aan den hemel. De planeet schijnt dus al een zeer zonderlinge baan te beschrijven, en gaat nu eens vóór, dan eens achteruit en loopt nu eens sneller, dan weer langzamer. Bovendien maakt de Mercuriusbaan nog een hoek met de aardbaan en daardoor wordt de *schijnbare* loop aan den hemel nog onregelmatiger.

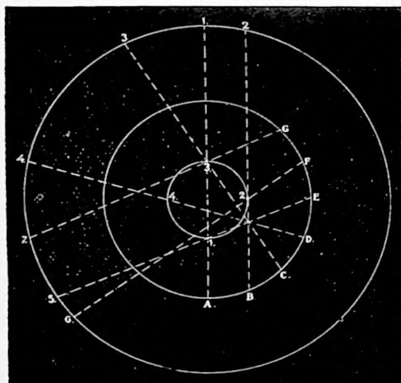


Fig. 70 De planeet Mercurius schijnt langs den hemel te loopen in een baan, die door cijfers 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, in den buitensten cirkel wordt aangegeven.

De Ouden hadden dit reeds opgemerkt en hebben deze sterren daarom dwaalsterren of planeten genoemd; ze werden wel vergeleken met dwalende of grazende dieren. *Misschien* is het wel hieraan, dat de Dierenriem zijn naam ontleent. Het rechte weet men hieromtrent echter nog niet.

§ 139. **Zichtbaarheid.** Als de *binnenplaneten* in bovenste conjunctie staan, zien we haar geheele verlichte helft; maar dan zijn ze tevens het verst van ons af. Ze hebben daardoor niet haar grootste helderheid.

Als ze in onderste conjunctie staan, kijken we tegen de onverlichte helft aan; dus dan zijn ze onzichtbaar.

De grootste helderheid hebben de binnenplaneten ongeveer in den tijd der quadraturen.

Mercurius komt hoogstens 22½ × 4 min. = ± 1½ uur vóór de zon op, of gaat hoogstens 1½ uur na de zon onder. Ze is daardoor moeilijk te vinden.

De beste dagen voor waarneming zijn: In 1915: 6 Febr., 31 Mei, 28 September. In elk volgend jaar vallen de bedoelde data ± 18 dagen vroeger, daar de synodische omloopstijd, d. i. het tijdsverloop, waarna Mercurius weer in gelijken stand komt ten opzichte van de aarde, 116 dagen is (3 × 116 d. = 348 d.; dat verschilt dus 17 à 18 dagen met ons jaar.)

Venus (Lucifer) is te zien als morgen- en avondster (bij de Ouden Phosphorus en Hesperus genaamd, en aanvankelijk als twee verschillende sterren beschouwd). Zij is de schitterendste ster aan den hemel, vandaar haar naam. Als ze haar sterksten glans heeft, is haar licht 60 × zoo sterk als dat van Acturus.

Van de *buitenplaneten* zien we de geheele verlichte helft, wanneer ze in oppositie èn wanneer ze in conjunctie zijn. Maar als ze in oppositie

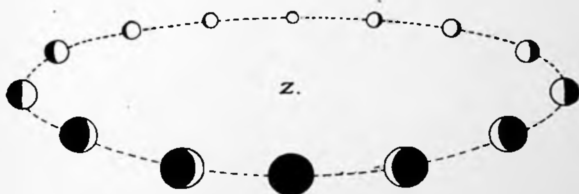


Fig. 71. De schijngestalten van Venus. Tevens is de schijnbare grootte van Venus, gezien van de aarde af, in de figuur in de juiste verhouding voorgesteld. Daarentegen zijn de Zon en de baan van Venus niet in de juiste verhouding geteekend.

staan, zijn ze veel dichter bij de aarde dan in 't andere geval. Ze hebben tijdens de oppositie dus haar grootste helderheid.

Jupiter is als schitterende ster te zien op verschillende uren 's nachts. *Mars* is een roode ster, doch met groot verschil in helderheid. *Saturnus* is een zwakke ster. Heel enkele oogen kunnen *Uranus* nog waarnemen. *Neptunus* is met het bloote oog niet te zien.

§ 140. **Hoe Neptunus gevonden werd.** In 1845 waren nog slechts 7 planeten bekend. Uranus was de verst verwijderde. Een Fransch geleerde, Leverrier, rekende de baan van Uranus nauwkeurig na, en nadat hij de storingen door Jupiter en Saturnus op de baan van Uranus had in rekening gebracht, bevond hij, dat er nog een storend hemellichaam moest zijn, vèr buiten de baan van Uranus. Door voortgezette rekening kon hij bepalen, waar dat hemellichaam moest te vinden zijn. Hij had echter geen kijker, sterk genoeg om deze ster van de 8ste grootte te zien. Daarom schreef hij naar Gall in Berlijn, die een sterkeren kijker had, en op denzelfden avond, dat Gall den brief ontving, vond hij de nieuwe planeet, nauwelijks 1° van de door Leverrier berekende plaats!

Deze ontdekking is zeker wel het schitterendste resultaat, bereikt met de leer van Newton.

(Een jaar van te voren had Adams, te Cambridge, dezelfde berekeningen gemaakt, en met hetzelfde resultaat, doch hij had zijn ontdekking niet durven publiceeren).

Tegenwoordig neemt men op goede gronden aan, dat Neptunus de uiterste planeet is van ons zonnestelsel.

B. DE PLANETOÏDEN OF ASTEROÏDEN.

§ 141. **De Planetoïden of Asteroïden.** De kleine planeten bevinden zich voor het meerendeel tusschen de banen van Mars en Jupiter. De eerste is ontdekt 1 Januari 1801 door Piazzi in Palermo, en haar baan is berekend door Gauss, die toen nog slechts 24 jaar oud was.

De grootste der asteroïden heeft een middellijn van $\pm \frac{1}{10}$ der middellijn van Mercurius. De meeste zijn echter veel kleiner. Dat ze tot een groep vereenigd worden ligt echter niet in de grootte, maar wel in 't feit, dat haar banen zooveel overeenstemming vertoonen.

In October 1911 waren er reeds 714 kleine planeten gevonden; met behulp der photographie vindt men er voortdurend bij. Eerst kreeg iedere nieuwe planetoïde een naam; toen er echter zooveel ontdekt werden, is men begonnen ze te nummeren. Ze krijgen echter eerst een nummer, als haar baan berekend kan worden. In Kiel is het centraal bureau voor de nummering.

De banen der planetoïden ondervinden groote storingen, vooral door Jupiter en Mars.

De gezamenlijke massa van alle bekende asteroïden schat men op $^1/_{900}$ van die der aarde.

C. DE KOMETEN.

§ 142. **Waarnemingen.** Met het *bloote oog* zijn nu en dan kometen (haarsterren of staartsterren) aan den hemel te zien. Ze bestaan uit een lichtende *kern*, daaromheen een lichtende sluier, de *koma* (= haar) geheeten, terwijl een lange *staart* het geheel voltooit.

De kern blijkt zich soms een weinig te verplaatsen in dit geheel. De koma is het helderst aan de voorzijde, waar ze zich min of meer waaiervormig uitstrekt in de richting van de zon; aan de achterzijde valt ze samen met den staart. De koma is soms grooter dan de zon, doch lijkt gewoonlijk kleiner door den grooten afstand, waarop de komeet zich van de aarde bevindt.

De staart is in 't algemeen flauw gebogen, van de zon àf gericht, en geeft een matten schijn. Soms is de staart buitengewoon groot. Zoo reikte b.v. de staart van de komeet van Halley in 1910 in Ned. Oost-Indië bijna van den horizon tot het zenit en gaf een licht, haast zoo sterk als van een zoeklicht.

Vele kometen hebben meerdere staarten, die dan divergeeren. Hoewel in 't algemeen de lichtglans van den staart afneemt van de kern af, zoo komen er toch veelal plekken in voor, met veel helderder licht (zie fig. 72 en 73).

De staart moet wel ijl zijn, want men ziet de sterren er doorheen schijnen.

Met een *telescoop* kan men de komeet reeds zien, als ze nog zeer ver weg is. In 't algemeen is ze dan eerst een nevelig vlekje aan den hemel.

De „kometenjagers” hebben dan ook catalogi van de nevelvlekken, opdat hun dadelijk kan blijken, of een door hen ontdekt vlekje er in voorkomt. Is dit niet het geval, en vertoont het eigen beweging, dan is het





Fig. 72. Komeet Morehouse, 1908, 15 Oct.
Fig. 73. Komeet Morehouse, 1908, 16 Oct.
(Uit: Newcomb—Engelmann: Populäre Astronomie).

Deze beide foto's, genomen met 1 dag tijdsverschil, toonen aan, hoe sterk de veranderingen in kern, koma en staart kunnen zijn. Het fotografietoestel moet eenigen tijd achtereen openstaan om een voldoend krachtigen indruk te krijgen van het zwakke licht der komeet. Gedurende dien tijd volgt het fotografietoestel de kern van de komeet. Daardoor maken de vaste sterren streepjes op de fotografische plaat. Men ziet de sterren door den staart heen.

een komeet. Er wordt dan een cijfertelegram naar Kiel gezonden en de sterrenwacht aldaar maakt de vondst wereldkundig. De komeet heet nu

bv. 1912c, d. i. de derde komeet, die in 1912 is gevonden. Is de baan berekend, dan heet ze bv. 1912I, d. i. de komeet is in 1912 gevonden, en het perihelium van haar baan ligt het dichtst bij de zon van alle kometen, die in 1912 gevonden zijn. Er worden er tegenwoordig ongeveer 6 per jaar telescopisch gevonden.

De komeet nu nadert al meer en meer de zon, wordt sterker lichtgevend; er begint zich eerst een koma te vormen en ten slotte een staart. Gewoonlijk is ze eerst dan zichtbaar voor 't bloote oog.

Inmiddels is reeds lang het *fotografietoestel* op haar gericht. Dit volgt de beweging van de kern, en om niet al te lange tusschenpoozen worden foto's genomen. Deze toonen aan, dat voortdurend beweging is op te merken: de kern verplaatst zich een weinig, de koma wordt grooter, wordt kleiner, wordt helderder of zwakker; in den staart vormen zich verdikkingen; soms verdeelt de staart zich en laat een stuk los; soms vormen zich nieuwe staarten; soms verdeelt de komeet zich in stukken: *de materie van de komeet is blijkbaar in hevige actie* (zie fig. 72 en 73).

Wordt nu *nagerekend*, hoe groot de massa wel is, dan blijkt die uiterst gering te zijn. Want al gaat een komeet vlak langs een planeet, of dwars tusschen de manen van Jupiter door, er is niet de geringste storing in de banen op te merken.

Als we nu bedenken, hoe 'n ontzettend groote ruimte sommige kometen aan den hemel innemen, dan blijkt, hoe ijl de materie ervan moet zijn.

De *spectroscoop* leert verder, dat die materie bestaat uit vaste deeltjes, die het zonlicht weerkaatsen (de kern) en daaromheen lichtende gassen (koma + staart).

§ 143. **Theorie.** De hiervóór genoemde verschijnselen worden tegenwoordig aldus verklaard:

Een komeet is een zwerm van vaste deeltjes, die ver van elkaar af liggen. Bij nadering van de zon beginnen die vaste deeltjes gassen te ontwikkelen (de koma), die door de zon worden aangetrokken. Men ziet dan ook voortdurende gas-uitbarstingen aan de voorzijde van de komeet.

Die deeltjes van de koma, welke een middellijn hebben van 0,0015 mM. tot 0,00007 mM., ondervinden meer afstootende kracht van den lichtdruk, dan aantrekkende door de aantrekkingskracht der zon. Ze worden dus van de zon weggestooten en vormen den staart. Deze is te vergelijken bij den rookpluim van een locomotief: 't is telkens andere rook, maar 't lijkt, alsof de locomotief één pluim met zich meevoert. De lichte bocht in den staart is te verklaren volgens de wetten der beweging.

Den lichtdruk moet men zich volgens de electro-magnetische theorie van Maxwell voorstellen als een druk door de lichtstralen uitgeoefend. Is een voorwerp groot, dan is de aantrekkingskracht veel sterker dan de lichtdruk. Maar ligt de middellijn tusschen de door ons genoemde grenzen, dan is de lichtdruk grooter dan de aantrekkings-

kracht. De lichtdruk is in laboratoria inderdaad gemeten. (Overigens gelden de door ons genoemde grenzen speciaal voor één soort van licht: natriumlicht en voor voorwerpen, welker SG = 1).

't Is niet onmogelijk, dat door de jongste ontdekkingen op 't gebied der physica, deze theorie zal moeten gewijzigd of aangevuld worden.

§ 144. **De banen der kometen.** De banen der kometen zijn òf *zeer langgestrekte ellipsen*, of wijken daarvan vrij weinig af. In dat geval zijn ze *parabolen* of *hyperbolen*. Van de laatste soort zijn er slechts zeer weinig.

Alle drie zijn kegelsneden en Newton is de eerste geweest, die de baan eener komeet berekend heeft.

De wiskunde leert, dat het de snelheid der komeet is, waardoor bepaald wordt, welke van deze drie banen ze doorloopt. Zoo zou bv. een komeet op aard-afstand van de zon, bij een snelheid van 42 KM. per seconde (de aarde heeft 30 KM. per sec.) een parabolische baan beschrijven: bij geringer snelheid een elliptische (zooals de aarde); bij grooter snelheid een hyperbolische baan.

Nam onderweg de snelheid àf of toe, dan kon de baan dus veranderen in een van de twee andere soorten.

Nu geschiedt dit inderdaad. Het is duidelijk, dat zóó lichte hemellichamen als de kometen, krachtige storingen moeten ondervinden van de planeten, en het sterkst van de groote planeten. Jupiter heeft dan ook al menige komeet (stellig reeds 13) „gevangen", d. i. haar een elliptische baan gegeven met het aphelium dicht bij Jupiter. Een kleiner aantal is door Saturnus, Uranus en Neptunus „gevangen". De „gevangen" kometen noemt men de „familie" van de planeet. De komeet van Halley behoort tot de Neptunus-familie.

Het tegenovergestelde geval kan zich óók voordoen, nl. dat de snelheid eener komeet *grooter* wordt door den invloed der planeten. Dan kan een parabolische baan veranderen in een hyperbolische, die weinig afwijkt van een parabolische.

Men neemt dan ook aan, dat oorspronkelijk alle kometenbanen zeer langgerekte ellipsen zijn geweest.

De kometen met parabolische of hyperbolische banen behooren slechts tijdelijk tot het zonnestelsel.

§ 145. **'t Verschil tusschen kometen en planeten.** Dit verschil bestaat in de navolgende punten:

1°. Een planeet is een vaste massa; een komeet is een zwerm van kleine lichaampjes.

2°. De banen der kometen maken zeer steile hoeken met de ecliptica. Ze liggen dus buiten de groote massa van 't zonnestelsel, die een platte schijf zou kunnen genoemd worden (zie bldz. 123).

3°. De excentriciteit der banen is veel grooter dan die der planetenbanen. Sommige banen zijn parabolen of hyperbolen.

§ 146. **Voorspellingen omtrent kometen.** De gevangen kometen doorloopen haar banen in van 5 tot 80 jaar, al naar ze gevangen

zijn door Jupiter, Saturnus, Uranus of Neptunus. Men kan haar terugkomst dus met groote zekerheid voorspellen, behoudens een slechte kans, waarover straks (bldz. 138, r. 11).

Van de andere kometen is de voorspelling hunner eventueele terugkeer lang niet zoo zeker. Van sommige kan men met vrij groote zekerheid zeggen, dat ze nooit terug zullen keeren.

§ 147. **Botsingen.** De aarde is meer dan eens door den *staart* eener komeet heengegaan. Doordat die zoo ijl is, levert dit geenerlei gevaar op.

Mocht ooit de *kern* eener komeet in botsing komen met de aarde, dan zou dit wèl gevaar kunnen opleveren. De kans, dat dit geschiedt, is echter oneindig klein, gezien de enorme ruimte van het zonnestelsel en de betrekkelijk geringe afmetingen der aarde.

§ 148. **De kometen zijn een deel van 't zonnestelsel.** Men kan wiskundig aantoonen, dat de banen der kometen *sterk* hyperbolisch zouden moeten zijn, indien ze vroeger buiten het zonnestelsel zouden gezweefd hebben, en eerst daarna binnen de aantrekkingsfeer der zon waren gekomen.

Als de kometen in 't algemeen van buiten het zonnestelsel kwamen, dan zou het zonnestelsel, dat zich in zijn geheel met een snelheid van 20 KM. per sec. voortbeweegt (zie § 158), in de richting van zijn beweging meer kometen moeten vangen, dan aan de achterzijde. Dit is niet waargenomen.

Op grond van deze overweging, en van den vorm der banen neemt men aan, dat de kometen een bestanddeel uitmaken van ons zonnestelsel en dus geen vreemdelingen zijn, die op hun tocht door 't heelal door 't zonnestelsel zouden zijn vastgehouden.

Alleen zit men nog verlegen o. a. met de verklaring van den grooten hoek, dien de kometenbanen maken met de planetenbanen.

D. METEOREN.

§ 149. **Meteoren.** De vallende sterren, die men geregeld aan den nachtelijken hemel ziet, worden ook wel meteoren genoemd. Het zijn kleine lichamen, die door de aarde naar zich toe worden getrokken. Hun val wordt daardoor zeer snel; de luchtweerstand neemt toe evenredig met het vierkant der snelheid, en de wrijving doet warmte ontstaan, waardoor het lichaam gaat vloeien, en verbrandt. Dit is het werk van enkele seconden. We zien de vallende sterren dan ook slechts gedurende enkele oogenblikken (van $^1/_4$ sec. tot 9 sec.) Door haar snelle beweging lijken ze een licht*streep*. Dit is dus een *optisch bedrog*. Op ongeveer 200 KM. tot 90 KM. boven 't oppervlak der aarde heeft de verbranding meestal plaats.

Is het lichaam vrij groot, dan smelt wèl de buitenkorst, maar niet het binnenste, en zoo valt dan een steen op aarde neer. Deze noemt men *meteoorsteen*. Het bekendste voorbeeld is de Kaäba in Mekka; de grootste is gevonden in Groenland;[1] de rijkste verzameling van

[1] Omtrent deze is de opinie verdeeld. Sommigen zien den hier bedoelden steen aan voor een deel uit het binnenste der aarde, dat met een vulkanische uitbarsting aan de oppervlakte is gekomen.

meteoorsteenen is in Weenen. De meteoorsteenen bestaan grootendeels uit nikkelijzer.

Onder de meteoren zijn er, die zich voordoen als een vuurkogel; deze heeten *boliden.*

Van 10—13 Augustus en van 14—16 November zijn bijzonder veel vallende sterren waar te nemen; 't zijn dan ware sterrenregens. Ze heeten: de Perseïden en de Leoniden.

Op bldz. 113 en 114 is reeds aangetoond, dat de meeste meteoren moeten vallen in den nanacht. Wegens het verschijnende zonlicht is de tijd kort vóór zonsopgang niet zoo gunstig voor waarneming van de vallende sterren. De beste — ook voor de waarneming der sterrenregens — is daarom van middernacht tot drie uur.

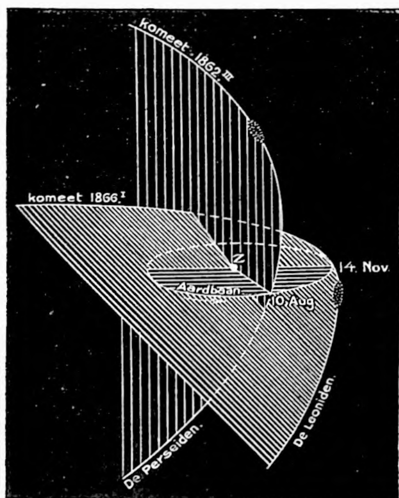


Fig. 71. De baan der Perseiden valt nagenoeg samen met die van de komeet 1862III; de baan der Leoniden met die van komeet 1866I. Men ziet de groote hoeken die de kometenbanen maken met de aardbaan.

De banen van de Perseïden en Leoniden lijken aan den hemel groote cirkels; dit bewijst: dat ze in werkelijkheid rechte lijnen zijn. Verlengt men die rechte lijnen, dan bemerkt men, dat ze vrijwel alle samenkomen in één punt, dat dan ligt in 't sterrenbeeld Perseus of in 't sterrenbeeld: de Leeuw.

§ 150. **Verband tusschen kometen en meteoorzwermen. Boliden.** In 1867 werd aangetoond, dat de baan der Leoniden bijna geheel samenvalt met die van de komeet 1866I. Kort daarna kon men aantoonen, dat de baan der Perseïden bijna nauwkeurig samenvalt met die van de komeet 1862III. Vervolgens vond men, dat de baan van een andere meteroorzwerm samenvalt met die van de komeet van Biela. Tegenwoordig kent men al wel meer dan 100 van zulke gevallen.

Men is daardoor tot de overtuiging gekomen, dat er verband bestaat tusschen kometen en meteoorzwermen, en stelt zich dit aldus voor:

Zoodra een komeet dicht bij de zon of bij een planeet komt, kan het gebeuren, dat de aantrekking van zon of planeet sterker is dan de onderlinge aantrekking van de deeltjes van de komeet. Dan worden

er deeltjes aan de komeet onttrokken, en die gaan elliptische banen beschrijven, welke vrijwel samenvallen met de baan der komeet. Echter hebben ze geringer snelheid dan de komeet. Ze blijven dus achter, en wanneer het proces zich vaak herhaalt, vormt zich een ring van meteoren, welke ongeveer samenvalt met de baan der komeet. Door den storenden invloed van zon en planeten kunnen in dien ring ophoopingen van meteoren ontstaan, doch 't kan ook gebeuren, dat enkele meteoren een versnelden gang krijgen, waardoor haar baan ten slotte hyperbolisch wordt. Dan gaan ze dus voor 't zonnestelsel verloren. Als nu de aarde door zoo'n ring gaat, trekt ze duizenden meteoren naar zich toe en dit zijn de sterrenregens.

De oplossing van een komeet heeft men enkele malen *waargenomen*, o. a. aan de komeet van Biela, die zich in tweeën heeft gesplitst; terwijl de komeet 1882^{II} zich, toen ze dicht bij de zon kwam, in vier deelen splitste.

Men merke op, dat de vorming van een staart iets anders is dan de hier bedoelde verdeeling. De staart is te ijl, en de deeltjes ervan zijn te klein om meteoorzwermen te doen ontstaan.

De *boliden* of *vuurkogels* houdt men, wegens hun sterk hyperbolische banen, voor lichamen, die oorspronkelijk buiten het zonnestelsel zweefden.

E. HET ZODIKAAL- EN 'T OPPOSITIELICHT.

§ 151. **Het Zodiakaallicht en 't Oppositielicht.** Het geheele jaar door, doch het best in Maart kort na de avondschemering, en begin October kort voor de ochtendschemering kan men in onze streken een zwakken lichtbundel aan den hemel zien, welke schuin op den horizon staat en een kegelvormige gedaante heeft. Dit heet het Zodiakaallicht, omdat de as van den kegel ongeveer samenvalt met den Zodiak of Dierenriem.

Diametraal daar tegenover kan men een ander lichtverschijnsel waarnemen, dat het Oppositielicht heet. Terwijl toch het Zodiakaallicht wordt gezien in de nabijheid van de zon, staat het tweede lichtverschijnsel *tegenover* de zon (in oppositie).

Men heeft nog niet voldoende het ontstaan van dit licht kunnen verklaren. Voorloopig neemt men aan, dat het zonlicht is, teruggekaatst door kleine vaste deeltjes, welke een soort van „atmosfeer" vormen rondom de zon, welke atmosfeer tot even buiten de aardbaan zou reiken. Het oppositielicht zou dan alleen een weerkaatsing zijn van het Zodiakaallicht.

Daar de Dierenriem in de tropen veel steiler op den horizon staat dan in onze streken, is het daar ook veel beter te zien. De officieren van de Nederlandsche koopvaardijvloot hebben nu tot opdracht, waarnemingen daaromtrent te doen en die in 't journaal te vermelden. Prof. Nijland te Utrecht bewerkt het verkregen materiaal.

HOOFDSTUK XII.

Kort overzicht van de ontwikkeling van onze kennis omtrent het zonnestelsel.

§ 152. **Ptolemeus, Coppernicus, Galilei.** Ptolemeus (150 j. n. Chr.) meende, dat de aarde stilstond in 't midden van 't heelal. Daaromheen draaiden in volgorde van hun afstand: de Maan, Mercurius, Venus, de Zon, Mars, Jupiter en Saturnus. De beide uiterste planeten waren nog niet bekend. Ter verklaring van den loop der planeten en der maan nam hij aan, dat deze lichamen epicycloïden beschreven d. i. ze liepen volgens hem langs een (hulp)cirkel, welks middelpunt langs een hoofdcirkel liep. Ook stelde Ptolemeus de Aarde niet in het middelpunt van den hoofdcirkel, doch excentrisch, waardoor het verschil in snelheid van eenzelfde planeet in verschillende deelen van haar baan kon verklaard worden.

Op grond van zijn opvattingen maakte hij tabellen, waarmee de stand der planeten vooruit kon berekend worden. Deze tabellen zijn verbeterd door den Arabier Albatani, en zijn in eenigszins gewijzigden vorm als Alfonsische Tabellen of *Alfonsische Tafels* gebruikt tot in 't begin der Nieuwe Geschiedenis.

Coppernicus (1473—1543) heeft tegenover het stelsel van Ptolemeus het zijne gezet: De zon staat stil; de aarde en de andere planeten draaien er om heen; de banen der planeten zijn cirkels, de zon staat excentrisch. Ook Coppernicus moest nog zijn toevlucht nemen tot epicykels ter verklaring van sommige bewegingen der planeten. Op grond van zijn stelsel maakte hij nieuwe tabellen, de *Prutenische* (= Pruisische) *tafels*, waarmee men veel eenvoudiger de plaats der planeten vooruit kon berekenen. Ze verdrongen dus de Alfonsische.

Het systeem van Coppernicus werd aanvankelijk bestreden door Tycho Brache, door Cartesius, door Baco van Verulam, en door zoowel de Katholieke als de Protestantsche Kerk. Daartegenover stond een rij van geleerden, die het systeem van Coppernicus verdedigden. Om dit een en ander te begrijpen moet men inzien, dat Coppernicus zijn leer nog slechts kon steunen door waarschijnlijkheidsredenen, en dat de leer op verschillende hoofdpunten nog foutief was.

Galilei (1564—1642) heeft de wetten van den vrijen val gevonden en bovendien den verrekijker uitgevonden. (In Holland was de verrekijker reeds uitgevonden, doch de uitvinding was geheim gehouden om militaire redenen. Echter had een gerucht omtrent de Hollandsche uitvinding Galilei bereikt. Die is toen gaan nadenken en heeft zelfstandig opnieuw den verrekijker uitgevonden). Door 't gebruik van den verrekijker werden de astronomische waarnemingen veel juister, en bovendien leerde Galilei

allerlei nieuwe feiten kennen, waardoor de overeenkomst tusschen de aarde en de andere hemellichamen van het zonnestelsel in een helder licht trad. Hij — voor 't eerst — zag de bergen en dalen op de maan, de vlekken op de zon, de schijngestalten van Venus, den ring van Saturnus; hij onderscheidde enkele sterren in den Melkweg, en vóór alles: hij zag de beweging van de manen van Jupiter. Hier was dus een systeem, dat geheel beantwoordde aan dat van Coppernicus. Dit is nog wel niet een streng bewijs, (want het had toeval kunnen zijn), maar de leer van Coppernicus werd daardoor toch al weer meer waarschijnlijk.

In 1633 moest Galilei, die in een geschrift de leer van Coppernicus had verdedigd, (welke leer in 1616 door de Inquisitie als onjuist en strijdig met de Schrift was verklaard) deze leer in 't openbaar afzweren om zich te zuiveren van de verdenking van ketterij.

§ 153. **De Wetten van Kepler.** Tycho Brahe had op zijn sterrenwacht Uranienburg op 't eiland Huen in de Sont zeer nauwkeurige waarnemingen gedaan omtrent de planeet Mars, nl. wat haar plaats aan den hemel ten opzichte van Zon en Aarde betrof. In 1599 had T. Brahe zijn waarnemingen, in 24 boeken opgeteekend, meegebracht naar de nieuwe sterrenwacht in Praag.

Zijn opvolger Kepler kreeg nu in opdracht, nieuwe planetentafels te berekenen, waardoor de loop der planeten aan den hemel vooruit kon bepaald worden. De door hem berekende tafels heeten: *de Rudolfinische tafels* (naar keizer Rudolf II).

Door enorme berekeningen kwam hij tot zijn eerste twee wetten (in 1609), die we hier nog eens opnoemen:

1°. De planeten bewegen zich in *ellipsen* om de zon, welke in 't gemeenschappelijk brandpunt staat (wet der banen).

2°. In gelijke tijden doorloopt de voerstraal eener planeet gelijke oppervlakken (wet der perken).

In 1619 vond hij (na langdurig *probeeren*) de derde wet:

3°. De tweede machten van de omloopstijden van twee planeten verhouden zich als de derde machten van haar afstanden tot de zon.

Hierdoor was verkregen:

a) een juister begrip van den vorm der planetenbanen, dan Coppernicus had, die meende, dat de banen excentrische cirkels waren.

b) een betere bazis voor de berekening der planetentafels.

Kepler kon zijn wetten echter niet verklaren.

Een opmerking nog over de telkens verbeterde „tafels". Van de Grieksche Oudheid af, tot in de 17de Eeuw, maar speciaal in de Middeleeuwen hebben een gansche rij van astrologen zich ijverig toegelegd op de leer, om uit stand en beweging der sterren de toekomst te voorspellen. Een der beroemdste geleerden, Regiomontanus, schreef in 1475 een boek, waarin men vinden kon het gunstigste oogenblik om zich te doen aderlaten, zijn haar te laten knippen, pillen in te nemen,

etc. alles volgens den stand van de Zon in den Dierenriem. En Kepler heeft zijn heele leven horoscopen getrokken (voor veel geld), zonder dat hijzelf eenige waarde aan deze voorspellingen hechtte. Daarvoor waren de „tafelen" noodig. Op deze manier kon een astronoom bestaan in die dagen, en zoo heeft deze dwaze zucht der menschen de wetenschap gebaat.

§ 154. **De Wetten van Newton.** Newton stelde in 1687 de hypothese der *algemeene zwaartekracht*, dat aldus luidt:

Alle lichamen trekken elkaar aan met een kracht, die recht evenredig is met het product der massa's en omgekeerd evenredig met het kwadraat hunner afstanden.

De drie *wetten der beweging* luiden:

1. Een voorwerp, dat in beweging is, zal zich rechtlijnig met steeds dezelfde snelheid voortbewegen, zoolang niet een andere kracht er op inwerkt. (Wet der traagheid).

2. Als een andere kracht op een bewegend voorwerp inwerkt, worden richting en snelheid gewijzigd volgens 't parallellogram der krachten.

3. Werking en tegenwerking zijn altijd aan elkaar gelijk en tegengesteld. (Actie en reactie).

Op grond van deze vier wetten kon Newton langs wiskundigen weg de drie wetten van Kepler *bewijzen* en *uitbreiden*. Hij toonde nl. aan, dat de banen altijd moesten zijn: *kegelsneden*. Ze konden dus wezen: een cirkel, een ellips, een parabool of een hyperbool.

Ook leerde hij inzien, welke beteekenis de massa van een voorwerp heeft voor de baan, die het een ander laat beschrijven.

HOOFDSTUK XIII.

Eb en vloed.

§ 155. **Het ontstaan van eb en vloed.** Het verschijnsel van eb en vloed is buitengewoon ingewikkeld. Om inzicht te krijgen in het ontstaan van eb en vloed moeten wij dus beginnen met het probleem zoo eenvoudig mogelijk te stellen.

We stellen ons dan voor, dat in fig. 75 BA de lijn is van 't middelpunt der maan naar 't middelpunt der aarde.

De aardas staat loodrecht op AB en het vlak van den equator valt dus samen met AC. Alle andere lichamen, speciaal de zon, laten we weg; de revolutie en de rotatie laten we voorloopig buiten beschouwing, en we nemen aan, dat de aarde een bol is, geheel omgeven door water. Daarna zullen we onderzoeken, welke wijzigingen de

verschillende, voorloopig verwaarloosde, oorzaken in het verschijnsel van eb en vloed tengevolge hebben.

Ontstaan van eb en vloed.

Volgens de leer van Newton trekt de maan alle deelen van de aarde aan met een kracht, omgekeerd evenredig met het vierkant van den afstand.

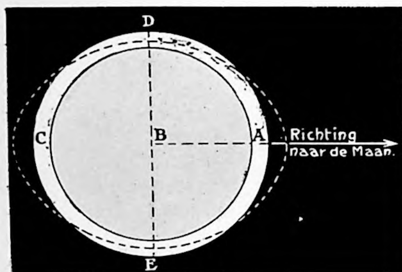


Fig. 75. De vloed ontstaat door 't verschil in aantrekkingskracht, door de maan uitgeoefend op A en C. De eb levert het water voor de beide vloedgolven.

Het punt A ligt op 59 aardstralen van het middelpunt der maan; B op 60 aardstralen en C op 61 aardstralen. A ondervindt dus een sterkere aantrekking dan B, en B een sterkere dan C.

Als nu alleen het gevolg van die aantrekking in 't oog gevat wordt, dan zien we in, dat A, B en C zich alle drie zouden verplaatsen in de richting van de maan, maar A meer dan B en B meer dan C. De afstand tusschen A en B zou daardoor vergroot worden; eveneens de afstand tusschen B en C. De aarde zou dus langer worden in de richting AC, (aangezien het water zich gemakkelijk verplaatst), en derhalve korter moeten worden in de richting DE. Er zou dus vloed zijn in A en C en eb langs den cirkel DE (als rechte lijn geprojecteerd i/d. teekening).

Nu is wel niet de aarde geheel met water bedekt, maar dan toch voor $^{5}/_{7}$. Het water in den oceaan voert dan ook inderdaad de beweging uit, die we schetsten; en daarmee is het verschijnsel van eb en vloed verklaard.

Het rijzen van het water in A wordt veroorzaakt door het *verschil* in aantrekkingskracht der maan in A en B; 't is dus niet de aantrekkingskracht van de maan, die eb en vloed veroorzaakt, maar 't *verschil* in aantrekkingskracht op twee verschillende punten van de aarde. Dit *verschil* wordt wel genoemd: de *vloedverwekkende kracht* van de maan.

De vloed bij A heet zenithvloed (omdat daar de maan in 't zenith staat); de vloed bij C heet nadirvloed.

§ 156. **Nadere beschouwing van eb en vloed.** Nu de wijzigingen:

1. Doordat de aarde niet geheel met water bedekt is, doch het wateroppervlak in drie Oceanen is verdeeld, ontstaat in elk der oceanen achtereenvolgens een vloedberg.

2. Evenals een steen, in 't water van een stillen vijver geworpen, een reeks van golven achter elkaar doet ontstaan, zoo ontstaan ook

door dien éénen vloedberg een reeks van vloedgolven in de oceanen.

3. Doordat de kustlijn allerlei bochten heeft, worden die golven op de eene plaats tegengehouden, elders in richting gewijzigd; in trechtervormige baaien kan de golf hoog oploopen; in zeeën met een nauwen ingang kan het vloedwater bijna niet binnenkomen. (Zuiderzee, Middellandsche Zee). Daardoor doet zich het verschijnsel van vloed en eb hier sterker, dáár zwakker voor.

4. Ook komt het voor, dat twee (of meer) golven elkaar ontmoeten. Dan ontstaat een hooge golf. Of wel, dat een golfrug en een golfdal elkaar ontmoeten, dan vult de een den ander aan (interferentie der golven).

5. In 't algemeen staat de maan *niet* in 't vlak van den aardequator: ze kan 28½° ten N. of ten Z. ervan staan. De toppen der vloedgolven liggen dus in 't algemeen wel in de nabijheid van den evenaar, doch slechts 2 × per maand er op. 't Gevolg hiervan is een *dagelijksche ongelijkheid* van de twee vloeden.

Stel, dat in fig. 76 de pijl FG de richting naar de maan aangeeft; EE' is de projectie van den Evenaar. ∠ GME' = 28½°. De zenit- en nadirvloed zijn buitengewoon overdreven voorgesteld. Het punt A zal door de rotatie in 12 uur zich een halven cirkel verplaatsen, nl. van A naar A'. Bij A heeft het blijkens de figuur een lagen vloed, bij A' een hoogen. Dit komt alle dagen voor, behalve als de maan in den evenaar staat.

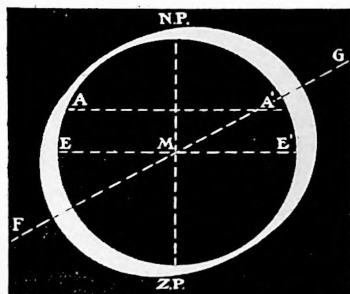


Fig. 76. De dagelijksche ongelijkheid van de vloedhoogte is een gevolg van de declinatie der maan.

6. Aangezien de hoek GME' voortdurend verandert, verandert de dagelijksche ongelijkheid der vloedhoogten ook voortdurend.

7. De afstand van de maan tot de aarde verandert voortdurend wegens den elliptischen vorm der maanbaan; de vloedverwekkende kracht dus ook; en de hoogte van eb en vloed ook.

8. Niet alleen de maan, maar ook de zon verwekt vloed. De afstand van 't middelpunt der zon, tot dat der aarde is 24000 aardstralen. Stellen we dus in fig. 75 de zon inplaats van de maan, dan is A ervan verwijderd 23999 aardstralen, B 24000 en C 24001 aardstralen. De aantrekkingskracht op die punten zou zich dus verhouden als $\frac{1}{23999^2} : \frac{1}{24000^2} : \frac{1}{24001^2}$, en de vloedverwekkende kracht in A zou zijn: $\left(\frac{1}{23999^2} - \frac{1}{24000^2}\right)$ × de aantrekkingskracht der zon.

De vloedverwekkende kracht der maan in A is: $\left(\frac{1}{59^2}-\frac{1}{60^2}\right)\times$ de aantrekkingskracht der maan. Nu verhouden zich de massa's van Zon en Maan als $330.000:\frac{1}{82}$. Wanneer we uit deze gegevens de verhouding der vloedverwekkende krachten berekenen, dan vinden we, dat die van de maan $\pm$ 2⅓ × zoo groot is, als die van de zon.

9. Doordat de invloed van de maan zooveel sterker is, komt de tijd van eb en vloed overeen met de culminatie van de maan. Deze geschiedt om de 24 u. 50 min.; dus de opvolgende zenithvloeden verschillen ook 24 u. 50 min.

10. Als zon en maan in conjunctie staan, veroorzaken zij beide in A een zenithvloed, welke dus bijzonder hoog is. Deze zou kunnen voorgesteld worden door het verhoudingsgetal 2⅓ + 1 = 3⅓. Evenzoo de nadirvloed in C. Deze beide heeten: *springvloed.*

Als de maan in oppositie staat, veroorzaakt zij in A een zenithvloed, en de zon een nadirvloed. Weer krijgen we dus een hoegen vloed, die alweer = 3⅓ is (springvloed).

Staat de maan in quadratuur, dan zal zij in A een zenithvloed doen ontstaan; en de zon een ebdal. De vloed is dus in A = 2⅓ — 1 = 1⅓, d. i. bijzonder laag (*doodtij*).

11. Door de hiervoor genoemde oorzaken (waarbij er nog ruim 20 zouden te voegen zijn) is het verschijnsel van eb en vloed zeer ingewikkeld en schijnbaar zeer onregelmatig. In 't algemeen zal het dus wel geen vloed zijn precies op 't oogenblik, als de maan door den meridiaan eener plaats gaat. Het verschil nu tusschen de bovenste culminatie der maan en het intreden van den vloed heet *haventijd.*

§ 157. **Getijtafels.** Om een voorbeeld te geven bij de hiervoor beredeneerde wijzigingen in eb en vloed, geven we hierbij een uittreksel uit de getijtafels voor 't jaar 1915, welke tafels berekend zijn volgens de empirische methode van den hoofdingenieur H. E. de Bruyn.

VLISSINGEN. — MEI 1915.

Dag der maand.	Dag der week.	Hoogwater.				Laagwater.			
		Voormiddag.		Namiddag.		Voormiddag.		Namiddag.	
		Tijd. u. m.	Hoogte. c.M. + N.A.P.	Tijd. u. m.	Hoogte. c.M. + N.A.P.	Tijd. u. m.	Hoogte. c.M. — N.A.P.	Tijd. u. m.	Hoogte. c.M. — N.A.P.
1	Zaterdag.	2.01	217	2.26	225	8.41	250	8.56	237
2	Zondag.	2.48	225	3.15	220	9.24	242	9.49	237
3	Maandag.	3.39	218	4.06	207	10.12	228	10.41	330
4	Dinsdag.	4.37	206	5.00	185	11.04	216	11.38	226
5	Woensdag.	5.37	186	6.00	158	11.59	204	—	—
6	D. ☾ 5.42 v.	6.45	163	7.09	130	0.38	218	1.06	189
7	Vrijdag.	8.03	139	8.34	113	1.48	205	2.24	172
8	Zaterdag.	9.25	134	9.49	117	3.13	196	3.47	169
9	Zondag.	10.33	140	10.50	126	4.28	199	4.50	176
10	Maandag.	11.24	149	11.38	138	5.26	203	5.39	182
11	Dinsdag.	—	—	0.07	159	6.09	213	6.20	196
12	Woensdag.	0.18	152	0.41	168	6.47	222	6.54	203
13	Donderdag.	0.48	161	1.11	177	7.22	229	7.29	214
14	V. ● 3.51 v.	1.22	172	1.43	182	7.54	232	8.04	220
15	Zaterdag.	1.54	179	2.18	183	8.26	232	8.38	225
16	Zondag.	2.28	183	2.51	179	8.56	228	9.14	231
17	Maandag.	3.04	182	3.25	172	9.26	223	9.50	229
18	Dinsdag.	3.40	175	4.02	161	9.58	211	10.26	225
19	Woensdag.	4.17	168	4.38	152	10.34	201	11.04	218
20	Donderdag.	5.01	160	5.20	137	11.13	186	11.47	209
21	Vrijdag.	5.50	150	6.10	124	11.59	170	—	—
22	Z. ☽ 5.10 v.	6.49	142	7.11	114	0.40	197	1.00	159
23	Zondag.	8.00	131	8.22	110	1.46	189	2.15	155
24	Maandag.	9.12	138	9.31	125	3.03	187	3.34	160
25	Dinsdag.	10.10	161	10.29	150	4.07	206	3.31	188
26	Woensdag.	11.01	179	11.17	172	5.05	222	5.21	203
27	Donderdag.	11.48	196	—	—	5.57	233	6.10	217
28	V. ☺ 9.52 n.	0.04	192	0.36	213	6.45	241	7.04	288
29	Zaterdag.	0.51	211	1.25	221	7.36	238	7.55	232
30	Zondag.	1.44	223	2.15	226	8.20	237	8.46	242
31	Maandag.	2.36	228	3.05	219	9.07	231	9.43	243

Gem. duur { vloed 5 u. 55 m. / eb 6 u. 30 m. } Gemiddeld tijverschil 381 c.M.

Al de wijzigingen in 't verschijnsel van eb en vloed kunnen vooruit berekend worden en zijn ook berekend. Onze Nederlandsche geleerde Dr. J. P. van der Stok (de Bildt) heeft zich daarmee een grooten naam verworven. Zijn diepgaande wiskundige berekeningen omtrent de getijden in N.O.I. en langs onze kust zijn slechts door weinigen te volgen, en daarom zijn op grond daarvan voor onze marine tabellen berekend, welke eenvoudig zijn in 't gebruik.

HOOFDSTUK XIV. [1])

De Sterren.

§ 158. **De „vaste" sterren.** De sterrenhemel geeft bij beschouwing *met het blooie oog* gedurende een menschenleven of gedurende duizenden van jaren, den indruk, alsof de sterren een vasten stand ten opzichte van elkaar innemen.

De nauwkeurig werkende instrumenten van onzen tijd hebben echter aangetoond, dat de sterren *niet* stilstaan, doch bewegen; tenminste heeft men van meer dan 6000 sterren reeds kunnen nameten, hoe groot hun „Eigen Beweging" (E. B.) is.

De zon beweegt zich ook, en wel met een snelheid van 20 KM. per seconde naar een punt, dat door verschillende geleerden eenigszins verschillend wordt opgegeven. (Newcomb b.v. geeft op: R.K. 280°; Decl. + 35°; Weersma: R.K. 268°; Decl. + 31°).

De E. B. is het eerst door Halley opgemerkt. Voorzoover men kan nagaan, geschiedt de E. B. volgens rechte lijnen. Het is echter niet onmogelijk, dat dit alleen maar zoo schijnt, doordien slechts zulke kleine gedeelten der banen zijn waargenomen.

Foutief is gebleken de meening van Mädler, dat alle sterren zouden loopen rondom Alcyone, de helderste ster van de Plejaden. Hoe de banen wèl zijn, weet men nog niet.

In 1904 heeft Prof. Kapteyn ontdekt, dat er twee tegengesteld gerichte stroomingen bestaan onder de sterren. Men moet zich zoo'n sterrenstroom voorstellen als een school visschen, die door een stroom meegevoerd worden: elke visch volgt een eigen baan, doch tezamen volgen ze een gemeenschappelijken weg. De beide punten, waarheen deze sterrenstroomen gericht zijn, worden verschillend opgegeven, doch het bestaan der stroomen wordt niet meer betwist. In de hoofdstroomen vindt men groepen van sterren, die een verrassende overeenkomst vertoonen in E. B.,

---

1) Dit hoofdstuk is alleen geschreven voor hen, die ruimschoots met hun studie zijn klaargekomen en nu wel meer willen doen.

zoo b.v. sommige sterren van de Stier. Men spreekt daarom van den Taurusstroom; en er zijn nog vrij wat van zulke groepen.

§ 159. **Chemische en physische samenstelling der sterren. Massa en grootte.** Voor het bloote oog, en zelfs in den kijker, zijn de „vaste" sterren slechts stippen. Men kan dus op deze wijze niets te weten komen omtrent haar samenstelling.

De spectroscoop echter ontleedt het licht der sterren en door de spectraalanalyse kan men te weten komen, welke stoffen het sterrenlicht uitzenden. (Dit geldt blijkbaar niet voor de planeten, die slechts weerkaatst zonlicht tot ons zenden).

Op grond van eenvoudige visueele waarnemingen had Secchi de sterren in vier soorten gegroepeerd; de spectraalanalyse heeft aangetoond, dat die verdeeling in hoofdzaak juist is. De vier typen zijn:

I. De witte sterren; in 't spectrum zijn hoofdzakelijk de waterstoflijnen te herkennen als donkere, meestal breede streepen.

II. De gele sterren (waartoe de zon behoort) met een spectrum, dat overeenkomt met het zonnespectrum.

III. De roodachtige sterren; 't spectrum vertoont breede banden, die alle naar één kant uitvloeien.

IV. De roode sterren; deze geven slechts een gedeeltelijk spectrum.

Natuurlijk zijn er allerlei overgangen van het eene type naar het andere. Vandaar, dat er ook nog wel verdeelingen bestaan met meer typen (Vogel).

De sterren van het eerste type hebben de hoogste temperaturen; daar zijn er bij van 12800° C. Men neemt nu aan, dat de sterren voortdurend afkoelen; gedurende geruimen tijd kan die afkoeling gecompenseerd worden door de warmte, welke vrijkomt door samentrekking. Maar dan komt eindelijk een oogenblik, dat de afkoeling het wint en dan neemt geleidelijk de lichtsterkte af, en de kleur loopt van wit over geel en oranje naar rood. Ten slotte zal een ster dan wel geheel donker worden. De typen zouden dus bepalen het ontwikkelingsstadium van de sterren.

De spectraalanalyse toont verder aan, dat in 't algemeen de chemische samenstelling der sterren overeenkomt met die van zon en planeten. Zelfs is het helium eerst op de zon gevonden, en eerst daarna op aarde. Men neemt dan ook aan: de eenheid der materie in 't heelal.

De sterren moeten, bij haar hooge temperaturen, wel uit gassen bestaan in gloeienden toestand.

Men neemt aan, dat de massa der groote sterren niet zoo heel veel verschilt. Daar ze nu uit gassen bestaan, moeten sommige wel heel groot zijn. Berekeningen omtrent de grootte der sterren worden gemaakt op grond van haar afstand en lichtkracht.

§ 160. **Dubbelsterren.** Wanneer twee sterren (schijnbaar) dichter dan ½ boogminuut bij elkaar staan, noemt men ze dubbelsterren, bv. Mizar en Alcor in de Groote Beer.

Nu kan 't zijn, dat ze toevallig zóó staan in 't hemelruim, dat we ze

vlak bij elkaar zien, doch dat ze inderdaad niets met elkaar hebben uit te staan. Dan spreekt men van *optische dubbelsterren.*

De wiskunde (nl. de waarschijnlijkheidsrekening) kan aantoonen, dat het aantal optische dubbelsterren slechts zeer gering is. De meeste dubbelsterren behooren dus wèl bij elkaar, en heeten dan *physische dubbelsterren.* In den regel heeft men een kijker noodig, om ze als twee sterren te herkennen, terwijl het bloote oog de twee samen als één ziet.

Er zijn ook nog dubbelsterren, die zóó ver van ons af staan, dat zelfs de sterkste kijkers ze als één ster zien. Dan is alleen de spectroscoop in staat aan te toonen, dat het dubbelsterren zijn: de Fraunhofersche lijnen zijn dan verschoven. Deze sterren noemt men *spectroscopische dubbelsterren;* voorbeelden zijn: Spica en Castor.

In 't geheel kent men reeds ± 17000 dubbelsterren, waaronder ruim 500 spectroscopische.

Men neemt aan, dat de dubbelsterren banen afleggen rondom haar gemeenschappelijk zwaartepunt; doch men heeft nog pas van ongeveer 300 dubbelsterren dit inderdaad kunnen aantoonen. Steeds is gebleken, dat de wet van Newton ook voor deze systemen geldt.

Soms hebben de dubbelsterren een gemeenschappelijke E. B. Als ze dan nog draaien om een gemeenschappelijk zwaartepunt, is hun E. B. natuurlijk onregelmatig.

Nog minder dan van de banen, weet men omtrent de afstanden van de dubbelsterren tot de aarde; slechts van een zestal heeft men de parallaxe gemeten.

Als de twee sterren van een dubbelsysteem om een gemeenschappelijk zwaartepunt loopen, kan het gebeuren, dat de eene de andere verdonkert, nl. als de eene een niet- of weinig lichtgevend lichaam is, en als het vlak van de banen der dubbelsterren, indien verlengd, door de aarde gaat. Dit is het geval bij de ster *Algol,* welke dan ook geregeld af- en toename van lichtsterkte vertoont. Er is natuurlijk meer kans, dat het vlak van de banen van dubbelsterren niet door de aarde gaat, dan wèl, en zoodoende zijn er niet zoo heel veel sterren van het Algoltype.

Door contrastwerking vertoonen de dubbelsterren in den kijker soms andere kleuren dan de enkele, vaste sterren; doch inderdaad hebben ze dezelfde kleuren.

Herschell heeft het eerst de ware natuur der dubbelsterren bekend gemaakt. Bessel heeft, uit de onregelmatige E. B. van Sirius en Prokyon de gevolgtrekking gemaakt, dat ze dubbelsterren moesten zijn. Eerst na zijn dood is in 1862 de begeleider van Sirius ontdekt als een ster van de 9de grootte, en in 1896 de begeleider van Prokyon als een ster van de 13de grootte.

Behalve dubbelsterren zijn er ook systemen van drie en meer sterren. Het probleem van de beweging van drie lichamen is bijzonder moeilijk en tot nog toe niet algemeen opgelost.

Als voorbeeld van een systeem van drie sterren geven we de ster α van de Kleine Beer: de ster, die we zien, vormt met een donkeren begeleider een systeem, en ze doorloopt in 4 dagen een baan om 't middelpunt van dit systeem. Deze twee vormen nu weer een systeem met een derde donkere ster, en met hun beiden loopen ze in 11,9 jaar rondom het gemeenschappelijk zwaartepunt van dit tweede systeem. Dit zwaartepunt nadert de aarde met een snelheid van 15 KM. per seconde.

§ 161. **Veranderlijke Sterren.** Er zijn een 4500 tal sterren bekend, welker lichtsterkte periodiek verandert. Dit geschiedt in een tijdsverloop van drie uur tot vele jaren, met allerlei overgangen. De meeste veranderlijke sterren hebben een lichtperiode van 200 tot 400 dagen, of van minder dan 10 dagen.

De eerste veranderlijke ster is waargenomen door een Hollander, Prof. Holwarda te Franeker, in 1638. Die ster heet nu Mira Ceti (= de wonderbaarlijke ster in „de Walvisch"). De studie van deze soort van sterren, is 't meest vooruitgebracht door Argelander (1840), en tegenwoordig genieten ze een groote belangstelling, zoowel van leeken als van astronomen.

Van enkele veranderlijke sterren heeft men kunnen aantoonen, dat ze tijdelijk verduisterd worden door een begeleider; van andere heeft men kunnen aantoonen, dat dit niet de oorzaak is. Van het overgroote meerendeel echter weet men niets omtrent de oorzaak der veranderlijkheid.

§ 162. **Nieuwe Sterren.** Op 11 Nov. 1572 zag Tycho Brahe, toen hij toevallig naar Cassiopeia keek, daarin een ster, nog helderder dan Sirius, en die hij tevoren nooit had gezien. De ster werd nog helderder, en eind November evenaarde ze in glans Venus in haar grootste lichtsterkte, en was ze zelfs overdag te zien. Daarna nam de lichtsterkte af, totdat de ster in Maart 1574 geheel onzichtbaar werd.

Dit oplichten van „nieuwe" sterren aan 't firmament is nog enkele malen waargenomen (tot 1890 tienmaal). Sinds dat jaar is men wat scherper gaan letten op dit verschijnsel, en tegenwoordig vindt men bijna elk jaar een „nieuwe" ster, terwijl men er van overtuigd is, dat vele „nieuwe" sterren ook nu nog aan de waarneming ontsnappen.

Men heeft kunnen aantoonen van de 31 nu bekende „nieuwe" sterren, dat ze reeds aan den hemel waren, doch dat hun lichtkracht plotseling is toegenomen, zoodat ze *schijnbaar* nieuwe sterren waren. De meeste worden gevonden in of bij den Melkweg.

Omtrent de oorzaak van hun plotseling oplichten en betrekkelijk spoedig daarna weer afkoelen en minder lichtsterk worden, weet men nog niets met zekerheid.

§ 163. **De Melkweg.** Als een schoone schemer loopt de Melkweg langs het heelal. Op de eene plaats is hij veel helderder dan op de andere, terwijl hier en daar zelfs donkere plekken erin worden aangetroffen. De fotografie heeft echter aangetoond, dat deze schijnbaar donkere plekken inderdaad nog vele duizenden sterren bevatten.

De Melkweg is samengesteld uit millioenen, meest zwakke, sterren, (die *gezamenlijk* een spectrum vertoonen, dat veel overeenkomst heeft met dat van de zon), en een zeer groot aantal nevelmassa's, waarvan de meeste slechts een zwak licht geven en dan ook eerst met behulp van de fotographie zijn gevonden.

Het blijkt, dat de sterren in 't heelal vrijwel symmetrisch verdeeld zijn aan weerszijden van het vlak van den Melkweg. Deze vormt ongeveer een grootcirkel aan den hemel, doch daar de breedte van den Melkweg niet op alle plaatsen dezelfde is, en hij bovendien nog twee takken heeft, zoo is het niet gemakkelijk, precies aan te geven, welke grootcirkel als gemiddelde van den Melkweg moet worden gekozen. Als pool van dien cirkel kan men nemen een punt, dat 190° R.K. + 27° Decl. heeft. (Breng dit punt in top, dan stelt de horizon den grootcirkel voor, die geacht wordt midden door den Melkweg te loopen). De zon staat iets ten N. van het middelpunt van den Melkweg.

Onze land- en tijdgenoot Dr. Easton heeft zich bijzonder verdienstelijk gemaakt door de studie van den Melkweg, en zijn meening, dat de Melkweg een spiraalvormige samenstelling heeft, wordt algemeen aangenomen.

HOOFDSTUK XV.

De Bouw van 't Heelal.

§ 164. **De Bouw van 't Heelal.** Door vele geleerden zijn onderzoekingen ingesteld omtrent den bouw van 't heelal. In onderdeelen verschillen hun meeningen vaak sterk. Maar in 't algemeen worden wel als juist aangenomen de negen stellingen, die S. Newcomb vermeldt aan het slot van zijn interessant boek: The Stars. A study of the Universe, in 't Hollandsch vertaald door Prof. H. G. van de Sande Bakhuizen onder den titel: De Sterren. Een studie over het Heelal.

Deze stellingen zijn:

1. De sterren verschillen ongelooflijk veel in werkelijke helderheid. De lichtkracht van sommige is duizenden of tienduizenden malen zoo groot als die van de zon; anderen daarentegen stralen slechts een honderdste of een duizendste deel van het licht der zon uit.

2. De sterren met groote lichtkracht zijn gewoonlijk het heetst, het blauwachtigst en hebben de geringste dichtheid; ze zijn als 't ware uitgezette massa's van ijle, hevig gloeiende gassen. Zoo komt het, dat de sterren niet zoo sterk in massa van elkaar verschillen als wel in lichtkracht.

3. De blauwste en de lichtkrachtigste sterren liggen hoofdzakelijk in het gebied van den Melkweg. Er bestaat reden om te vermoeden, dat

in dit gebied de sterren, naarmate zij dichter zijn opeengehoopt, ook grooter en lichtkrachtiger zijn.

4. De verzameling van sterren, die men het heelal noemt, is in haar uitgestrektheid begrensd. De kleinste sterren, die met de beste verrekijkers worden waargenomen, zijn meestal niet op grooter afstanden gelegen dan die, welke iets helderder zijn, maar zijn meestal sterren in hetzelfde gebied, doch van mindere lichtkracht. Dit sluit echter de mogelijkheid niet uit, dat er ver buiten ons heelal andere verzamelingen van sterren kunnen bestaan, waarvan wij niets weten.

5. De grens van ons heelal is vermoedelijk eenigszins onbepaald en onregelmatig. Het is mogelijk, dat, naarmate wij deze naderen, de sterren geleidelijk in aantal afnemen. Waarschijnlijk is de parallaxe aan deze grens nergens grooter dan 0,001′ en zij kan veel kleiner wezen. Om zich over dezen afstand voort te planten zou het licht meer dan 3000 jaar noodig hebben.

6. Het Heelal strekt zich langs den gordel van den Melkweg verder uit, dan in de richting van zijn polen, doch in elke richting overschrijdt het de grens, binnen welke sterren zijn gelegen, van welke tot nu toe de eigen bewegingen zijn gemeten.

7. Het schijnt nog niet mogelijk met zekerheid de vraag te beantwoorden, of de opeenhoopingen van den Melkweg op de grens van het Heelal gelegen zijn, of niet. Het aantal der voor het bloote oog nog zichtbare sterren, welke zij bevatten, zou als een bewijs tegen deze meening kunnen gelden; tengevolge van de mogelijke, groote lichtkracht van de melkwegsterren is dit bewijs echter niet zeer overtuigend.

8. Het totaal aantal der sterren moet bij honderdmillioenen worden geteld.

9. Buiten het Melkweggebied vertoonen de sterren over het algemeen geen neiging om zich tot stelsels of groepen te vereenigen, maar zij zijn voor het meerendeel ongeveer gelijkmatig in de ruimte verspreid.

Men ziet — onze kennis van het heelal is nog slechts uiterst gering. En de vragen: vanwaar, waartoe, waarheen? kunnen *nu* niet en kunnen *nooit* door de wetenschap worden beantwoord. Daaromtrent bestaat alleen de zekerheid des geloofs, een zekerheid van andere orde dan de wetenschappelijke.

TOEGIFT.

I. In § 101 is behandeld de oplossing van vraagstukken met één gegeven: Als we den datum kennen kunnen we zes gevraagden omtrent de zon te weten komen.

We kunnen nu ook het vraagstuk omkeeren en achtereenvolgens elk der gevraagden tot gegeven maken en zien, of we dan ook de andere zes gevraagden kunnen te weten komen.

No. 1. *Gegeven:* de zon staat 20° in de Visschen.
Gevraagd: punt *b—e.*

De oplossing is zoo eenvoudig, dat we die overlaten aan den gebruiker van het boek. (Alleen waar we dat noodig achten, geven we een enkele vingerwijzing.)

No. 2. *Gegeven:* de lengte van de zon is 40°.
Gevraagd: de rest.

No. 3. *Gegeven:* de zon staat op de plaats, waar de letter O van Atlantische Oceaan de Ecliptica raakt.
Gevraagd: de rest.

No. 4. *Gegeven:* Batavia heeft de zon loodrecht boven zich.
Gevraagd: de rest.

Opmerking: De geogr. breedte van Batavia is ± 7° Z. Nu is de declinatie der zon dus ook —7°. We trekken in gedachten een parallel op 7° Z.B., en zien, dat deze de Ecliptica snijdt in 2 punten. We krijgen dus twee stel antwoorden.

No. 5. *Gegeven:* R.K. van de zon is 100°.
Gevraagd: de rest.

No. 6. *Gegeven:* De zon heeft 10° Zuider Decl.
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Ook hier krijgen we twee stel antwoorden. Wilden we de vraag nauwkeuriger stellen, dan moesten we opgeven: De zon heeft 10° Zuider Decl. in de klimmende teekens.

II. **Omkeeringen van de vraagstukken met twee gegevens.** Door een der gevraagden, onder *a—l* vermeld, te verwisselen met een der twee gegevens, kunnen we twee groepen van nieuwe vraagstukken maken. Niet alle vraagstukken echter zijn met de middelen, die ons ten dienste staan, op te lossen. *We achten het ook niet noodig, dat de candidaat voor de hoofdacte de oplossing van deze vraagstukken zou kennen. We plaatsen ze hier echter voor wie er pleizier in mocht hebben, ze op te lossen.*

Eerste groep:

No. 1. *Gegeven:* datum en amplitudo van de zon (bv. 5 Sept.; + 10°).
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Bepaal de declinatie; zoek 10° noordelijk amplitudo op aan den horizon; draai de globe (rond een horizontale as, dus: verandering der poolshoogte) zoolang, tot de parallel, waarin de zon staat, den horizon snijdt in 't punt, dat 10° amplitudo heeft. Ge hebt nu de poolshoogte der plaats en dus ook de geogr. breedte. Welke plaats op de bedoelde breedte bedoeld wordt, is niet uit te maken.

No. 2. *Gegeven:* datum en zonsmeridiaanshoogte (bv. 12 Juni; 70°).
Gevraagd: de rest. (Twee antwoorden).

Opmerking. De declinatie is te vinden; Equatorhoogte = 70° + of — decl.; enz.

No. 3. *Gegeven:* datum en duur van den dag (bv. 12 Juni, 14 uur).
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Breng de zon onder den algemeenen meridiaan; draai de globe 7 × 15° om. Het punt met dezelfde declinatie als de zon, dat nu onder den algemeenen meridiaan ligt, is het punt van opkomst of ondergang (al naar men Westwaarts of Oostwaarts heeft gedraaid). Plaats nu de zon weer onder den meridiaan en draai de globe om de horizontale as (= verandering van poolshoogte, totdat het gevonden punt juist aan den horizon komt). Enz.

Tweede Groep.

No. 4. *Gegeven:* Plaats op aarde en plaats van de zon in de Ecliptica (bv. Amsterdam; 10° in de Schutter).
Gevraagd: de rest.

No. 5. *Gegeven:* Plaats op aarde en lengte van de zon (bv. Peking; 100°).
Gevraagd: de rest.

No. 6. *Gegeven:* Plaats op aarde en R.K.; (bv. Timboctoe; 50°).
Gevraagd: de rest.

No. 7. *Gegeven:* Plaats op aarde en declinatie en in welke teekens, (bv. Buenos Ayres; 10° Noorderdeclinatie in de dalende teekens.

No. 8. *Gegeven:* Plaats op aarde en amplitudo (bv. Kaap Hoorn 35° Z.).
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Stel de globe voor de breedte van Kaap Hoorn; zoek 35° zuidelijk amplitudo op den horizon; zie welke parallelcirkel daar den horizon snijdt. Op dien parallelcirkel staat de zon; de declinatie is nu te bepalen, enz. Blijkbaar krijgen we twee groepen van antwoorden.

No. 9. *Gegeven:* Plaats op aarde en zonsmeridiaanshoogte (bv. Melbourne, 62°).
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Twee antwoorden.

No. 10. *Gegeven:* Plaats op aarde en onderste culminatiehoogte (bv. San Francisco; 32°).
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Twee antwoorden.

No. 11. *Gegeven:* Plaats op aarde en duur van den dag (bv. K. Tsjeljoeskin; 16 uur).
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Plaats de globe voor de breedte van K. Tsjeljoeskin; breng de een of andere declinatiecirkel (bv. die, welke door 't Lentepunt gaat) onder den algemeenen meridiaan. Tel langs een parallel (die niet al te dicht bij den hemelequator ligt, anders is 't stuk van den parallelcirkel boven den horizon niet lang genoeg) 120° naar 't Westen of naar 't Oosten. Zie, waar de declinatiecirkel, die door het zoo verkregen punt gaat, den horizon snijdt. De parallel, die in datzelfde punt den horizon snijdt, is de parallel, waarop de zon staat. We kunnen nu de declinatie van de zon bepalen, enz. Twee antwoorden.

No. 12. *Gegeven:* Plaats op aarde en tijdstip van opkomst of ondergang van de zon.
Gevraagd: de rest.

Opmerking. Dit vraagstuk terug brengen tot No. 12.

III. **Omkeeringen van de vraagstukken met drie gegevens.** *Deze vraagstukken zijn al evenmin als die onder II vermeld, noodig voor de hoofdacte.*

No. 1. *Gegeven:* datum, plaats op aarde en plaats van de zon ten opzichte van den horizon (bv. Mond van de Amazonerivier, 1 Mei, en we geven de zon een willekeurig gekozen plaats boven of beneden den horizon).

No. 2. *Gegeven:* datum, plaats op aarde; hoogte van de zon (bv. Kaapstad; 21 Maart; 20°).
Gevraagd: Azimut; tijd (twee antwoorden).

Opmerking. Maak een strookje papier, dat 20° breed is en plaats dit loodrecht op den horizon.

No. 3. *Gegeven:* datum; plaats op aarde; azimut van de zon (bv. Peking; 1 Aug.; 100°).
Gevraagd: hoogte en tijd.

No. 4. *Gegeven:* datum; tijd; plaats van de zon ten opzichte van den horizon (bv. 21 Jan.; 's middags te 4 uur; en we geven de zon een willekeurig gekozen plaats boven den horizon).
Gevraagd: plaats op aarde.

No. 5. *Gegeven*: datum; tijd; hoogte der zon (bv. 11 Oct.; 10 uur 's morgens; 20°).
Gevraagd: azimut; plaats op aarde.

No. 6. *Gegeven*: datum; tijd; azimut (bv. 20 Juli; 9 uur 's morgens; 300°).
Gevraagd: hoogte van de zon; plaats op aarde.

No. 7. *Gegeven*: Plaats op aarde; tijd; plaats van de zon ten opzichte van den horizon (bv. Lissabon; 10 uur 's morgens; en we wijzen een willekeurig gekozen plaats in de ecliptica als plaats van de zon aan; bv. 10° in de Visschen).

Gevraagd: hoogte, azimut; datum.

No. 8. *Gegeven*: Plaats op aarde; tijd; hoogte van de zon (bv. San Francisco; 11 uur 's morgens; 32°).

Gevraagd: Plaats van de zon in de Ecliptica; datum; azimut.

Opmerking. De zon moet staan ergens in een cirkel, die 50° boven den horizon ligt; enz. Met wat passen en meten komt men er wel. Nauwkeurig kunnen de antwoorden echter niet zijn. Twee antwoorden.

No. 9. *Gegeven*: Plaats op aarde; tijd en azimut (bv. San Francisco; 10 uur 's morgens: 300°).

Gevraagd: hoogte; datum.

ANTWOORDEN.

Bladz. 5. Vraag 1. Azim van B = 40°; van C = 316°.

" 2. Z = 0°; W = 90°; N = 180°; O = 270°.

" 7. " 1. A: N 45° W of W 45° N.
B: Z. 40° W.
C: Z 44° O.

" 2. Voor 't quadrant van Zuid tot West zijn de namen: Z, Z 11°15′ W; Z 22°30′ W; Z 33°45′ W; Z 45° W of W 45° Z: W 33°45′ Z; W 22°30′ Z; W 11°15′ Z: West.

Blz. 16. N°. 1. bg AF, BL, CG, DG, KE (de twee laatste zijn zuidelijk).

" " 2. A: LOEGWEF.
B: 0°.
C: LOEG.
D: DOEG.
K: LOE:

" " 3. A: R.K. = 290°; Decl. = + 10° (= 10° N.).
B: R.K. = 0°; Decl. = + 80°.
C: R.K. = 180°; Decl. = + 50°.
D: R.K. = 180°; Decl. = — 60°.
K: R.K. = 110° (bg OE = 90°); Decl. = — 55°.

Bladz. 39. 1) 34 × 111 KM. = ± 3800 KM.; 8 × 111 KM. = ± 900 KM.; 46 × 111 KM. = ± 5000 KM.

2) ± 33 × 111 KM. = ± 3700 KM.; ± 35 × 111 KM. = ± 3900 KM.; ± 71 × 111 KM. = 7900 KM.: ± 37½ × 111 KM. = ruim 4000 KM.; ± 16000 KM.

3) ± 20 × 55 KM. = ± 1100 KM.; ± 38 × 85 KM. = ± 3200 KM.

Bladz. 40. 1) ± 3300 KM.
2) ± 11655 "
3) ± 6000 "
4) ± 9900 "
5) ± 7200 "
6) ± 5400 "

" 52. *a*) Wadi Halfa; Abessinië; Mauritius; — La Paz (in Neder-Californië); Kasjmier; Aden. —
b) ongeveer Oost; ongeveer West; ongeveer W.Z.W.

" 54. *Omwoner:* zelfde geogr. breedte; een lengteverschil van 180°: 't is middernacht bij den omwoner, als 't in A middag is; de de jaargetijden zijn dezelfde.
Tegenvoeter: zelfde breedte, doch zuidelijk; de lengte verschilt 180°; 't is middernacht bij den tegenvoeter, als 't in A. middag is; 't is winter bij den tegenvoeter, als 't zomer is in A., en omgekeerd.

Bldz. 54. *Amsterdam:* Omwoner: 52½° NB.; 175° WL. v. Gr. (± de Aleoeten).
Tegenwoner: 52½° ZB.; 5° OL. v. Gr. (± Bouvet—Eiland).
Tegenvoeter: 52½° ZB.; 175° OL. v. Gr. (± Antipoden Eil.).

New-York: Omwoner: 40° NB.; 107° OL. v. Gr. (een punt a/d. Hoangho).
Tegenwoner: 40° ZB.; 73° WL. v. Gr. (± Valdivia).
Tegenvoeter: 40° ZB.; 107° OL. v. Gr. (in 't Z. v. d. Ind. Oceaan).

„ 54. *Kaapstad:* Omwoner: 34° ZB.; 162° WL. v. Gr. (± 14° ten Z. v. d. Cook Eil.).
Tegenwoner: 34° NB.; 18° OL. v. Gr. (ten ZO. v. Malta).
Tegenvoeter: 34° NB.; 162° WL. v. Gr. (ten N. v. d. Hawaii Eil.).

„ 61. 1) Het is in Batavia 6 u. 48 min. later dan in Amsterdam.
„ „ „ Kaapstad 0 u. 52 min. „ „ „ „
„ „ „ S. Francisco 3 u. 20 min. vroeger „ „ New-York.
„ „ „ Merauke 3 u. 4 min. later „ „ Kota Radja.
2) In Batavia 12 min. voor 1 ('s nachts).
In New-York 12 min. voor 11 ('s morgens).
In Paramaribo 5 u. 0 min. ('s morgens).

„ 83. Batavia: + 60½° ; — 84°.
Calcutta: + 43½°; + 67°; + 89½°; + 67°.
Rome: + 24½°; + 48°; + 71½°; + 48°.

„ 91. 21 Juni: *a*) 0° in de Kreeft; *b*) 90°; *c*) in 't Zomerpunt; *d*) + 23½°; *e*) 90°; *f*) boven alle punten van den Noorder Keerkring.
23 Sept.: *a*) 0° in de Weegschaal; *b*) 180°; *c*) in 't Herfstpunt; *d*) 0°; *e*) 180°; *f*) boven alle punten van den Evenaar.
21 Dec: *a*) 0° in de Steenbok; *b*) 270°; *c*) in 't Winterpunt; *d*) — 23½°; *e*) 270°; f) boven alle punten van den Zuider Keerkring.
21 Maart: *a*) 0° in de Ram; *b*) 360° of 0°; *c*) in 't Lentepunt; *d*) 0°; *e*) 0°; *f*) boven alle punten van den Evenaar.
21 Nov.: *a*) 0° in de Schutter; *b*) 240°; *c*) —; *d*) — 20°; *e*) 238°; *f*) boven alle punten van den 20en cirkel Zuiderbreedte.
16 April: *a*) 25° in de Ram; *b*) 25°; *c*) —; *d*) + 10°; *e*) 23°; *f*) boven alle punten op 10° NB.

„ 94. Amsterdam: 21 Maart: zie bldz. 85 voor *a*) tot *f*); *g*) —; *h*) 0°; *i*) in 't Oostpunt; *j*) + 37½°; *k*) — 37½°; *l*) 12 uur; *m*) 6 uur 's morgens.
21 Juni: *a*) tot *f*) zie bldz. 91; *g*) —; *h*) + 41°; *i*) bijna in 't N.O.; *j*) 61°; *k*) 14°; *l*) ruim 16 uur[1]); *m*) kort voor 4 uur.
23 Sept.: *a*) tot *f*) zie bldz. 91; *g*) —; *h*) 0°; *i*) in 't Oostpunt; *j*) + 37½°; *k*) — 37½°; *l*) 12 uur; *m*) 6 uur.
21 Dec.: *a*)—*f*) zie bldz. 91; *g*) —; *h*) 41° Z.; *i*) bijna ZO.; *j*) + 14°; *k*) — 61°; *l*) bijna 8 uur; *m*) kort voor 8 uur.

---

1) 't Antwoord voor *l*) en *m*) is niet nauwkeurig gegeven wegens 't verschil tusschen waren en middelbaren tijd.

Kaapstad: 4 Mei: *a*) 13° in de Stier; *b*) 43°; *c*) —; *d*) + 16°; *e*) 40°, *f*) boven alle punten van den 16den cirkel noorderbreedte; *g*) —; *h*) + 18°: *i*) bijna WNW.; *j*) + 40°; *k*) — 72°; *l*). ± 10 uur 40 min.; *m*) ± 6 uur 40 min.

Batavia: 31 October: *a*) 10° in de Schorpioen; *b*) 220°; *c*) —; *d*) — 14°; *e*) 219°; *f*) boven alle punten van den 14en cirkel Zuiderbreedte; *g*) —; *h*) — 14°; *i*) ongeveer O. ten Z.; *j*) 80° boven 't Zuidpunt; *k*) 68° (onder 't Zuidpunt); *l*) ongeveer 12 uur 48 min.; *m*) ± 24 min. vóór 6.

Bldz. 94. Melbourne, 19 Oct.; 4 uur 's middags-

a) —
b) 30°
c) 100°

San Francisco, 21 Jan.; 11 uur 's morgens.

a) —
b) 30°
c) 345°

„ 110. 30 Juli: 309° Astr. L.; 12 Dec.: 171° A. L.; 1 Jan.: 280° A. L. (alles ongeveer).

„ 152. N°. 1. Lengte 350°; de plaats is dus 10° voor het Lentepunt, zuidwaarts; bij het getal 20 in de Visschen; declinatie — 4°; datum: 11 Maart de zon staat dan loodrecht boven alle plaatsen op 4° Zuiderbreedte; R.K. 358°.

N°. 2. De zon staat 10° in de Stier; op de globe dus bij 't getal 10 in de Stier; declinatie + 16°; R.K. 38°; datum 1 Mei; de zon staat loodrecht boven alle punten, die 16° Noorderbreedte hebben.

N°. 3. De zon staat 10° in de Visschen; Lengte 340°; Decl. — 7°; R.K. 348°; datum 1 Maart; de zon staat loodrecht boven alle punten met 7° Zuiderbreedte.

N°. Batavia heeft 7° Zuiderbreedte; dus de antwoorden zijn dezelfde als van N°. 3; en bovendien krijgen we nog deze groep antwoorden: De zon staat 20° in de Weegschaal; Lengte 200°; decl. — 7°: R.K. 198°; datum 12 October; de zon staat loodreeht boven alle plaatsen op 7° Zuiderbreedte.

N°. 5. Declinatie 23°: lengte ongeveer 100°; de zon staat 10° in de Kreeft; dus bij 't getal 10 in dat teeken; datum 1 Juli; de zon staat loodrecht boven alle punten, die 23°; Noorderbreedte hebben.

N°. 6. 1e groep antwoorden: de zon staat 4° in de Visschen; lengte 334°; R.K. 336°; de zon staat loodrecht boven alle punten, die op 10° Zuiderbreedte liggen.

2e groep: de zon staat 26° in de Weegschaal; lengte 206°; R.K. 204°; de zon staat loodrecht boven alle plaatsen met 10° Zuiderbreedte.

Bladz. 153.

II. De zon staat 15° in de Maagd; lengte 165°; decl. + 6°; R.K. 166°; de zon staat loodrecht boven alle plaatsen op 6° Noorderbreedte; de globe staat voor 60° Noorderbreedte; enz.

N°. 2. decl. + 23°; equatorhoogte 70° — 23° = 47°; enz.; de globe staat dus voor 90° — 47° = 43° Noorderbreedte; enz.

N°. 3. + 30° Noorderbreedte; enz.

N°. 4. Datum 1 December; enz.

N°. 5. Datum 1 Juli; enz.

N°. 6. Plaats van de zon 22° in de Stier; datum 13 Mei; enz.

N°. 7. Datum 2 Sept.; enz.

N°. 8. 20° Zuiderdeclinatie; dus twee data: 21 November en 21 Jan.; enz. (K. Hoorn is 56° Z.B.).

N°. 9. (Melbourne 38° Z.B.); Decl. + 10°; dus twee data: 16 April en 27 Aug.

N°. 10. (S. Francisco 38° N.B.); Decl. + 20°; dus twee data: 21 Mei en 21 Juli.

N°. 11. (K. Tsjeljoeskin 78° N.B.); Decl. ongeveer + 6°; dus twee data: 5 April en 7 Sept.; enz.

Blz. 154.

III. N°. 1. Wordt opgelost als N°. 2. nadat men de hoogte bepaald heeft.

N°. 2. Azimut 250° of 110°; tijd 4 uur 16 min. 's namiddags, of 7 uur 44 min. voormiddag.

N°. 3. Hoogte ± 15°; tijd 5 uur 40 min. namiddags.

N°. 4. Op te lossen als N°. 5, nadat men de hoogte van de zon heeft bepaald.

N°. 5. Plaats op aarde 55° N.B., 168° O.L. (deze getallen zijn niet nauwkeurig, wegens de fouten, die men allicht maakt bij 't passen en meten); azimut 330°.

N°. 6. Plaats: 77° O.L.; 58° N.B.; hoogte ± 40° (opm. als bij N°. 5).

N°. 7. Op te lossen als N°. 8, nadat de hoogte der zon is bepaald.

N°. 8. Datum 12 Nov.; de zon staat 22° in de Schorpioen; azimut 345°

N°. 9. Hoogte 54°; data 21 Aug. en 21 April.

REGISTER.

UITGAVEN VAN J. B. WOLTERS — GRONINGEN, DEN HAAG.

WOORDENBOEKEN

NIEUWE TALEN.

K. TEN BRUGGENCATE, ENGELSCH

8e druk, gebonden in 1 deel of 2 deelen f 6,75

I. VAN GELDEREN, DUITSCH

4e druk, gebonden in 1 deel of 2 deelen f 6,75

C. R. C. HERCKENRATH, FRANSCH

4e druk, gebonden in 1 deel of 2 deelen f 6,75

M. J. KOENEN, NEDERLANDSCH

12e druk, gebonden in 1 deel f 3,90

Prijs der 4 Woordenboeken NIEUWE TALEN
per stel besteld . . . . f 23,00

15,- M

WANDKAARTEN.

R. VAN ASSEN. Schoolkaart van Friesland. in 9 bladen. (grootte 165 bij 204 cM.), *bijgewerkt tot heden*, geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 38.00, gevernist ƒ 40.50

Dr. F. M. Th. BÖHL en G. MEIMA. Wandkaart van Palestina met bijkaarten: De landen der Heilige Schrift en Jeruzalem, in 4 bladen, (grootte 131 bij 181 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 36,00, gevernist . . . . ƒ 37.50

P. R. BOS. Wandkaart van Azië. in 4 bladen. Staatkundig, (grootte 132 bij 165 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 29.00, gevernist . . . . . ƒ 30.50

P. R. BOS. Wandkaart van Azië. in 4 bladen. Natuurkundig, (grootte 132 bij 165 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 29,00, gevernist . . . . . ƒ 30.50

P. R. BOS. Wandkaart van Middel-, West- en Zuid-Europa. in 9 bladen. (uitgaaf **A** zonder namen, uitgaaf **B** met namen), (grootte 192 bij 226 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 34,50, gevernist . . . . ƒ 36,00

P. R. BOS. Wandkaart van de Provincie Groningen. in 9 bladen, (grootte 169 bij 190 cM.), *bijgewerkt tot heden*, geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 38,00, gevernist . . . . ƒ 40.50

P. R. BOS. R. R. RIJKENS en W. VAN GELDER. Wandkaart van Nederlandsch Oost-Indië, met afzonderlijke groote kaart van Java, opnieuw bewerkt door W. VAN GELDER en J. F. NIERMEYER, in 12 bladen, (grootte 207 bij 235 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 47,00, gevernist . . . . *6e druk* ƒ 49.50

P. R. BOS, R. R. RIJKENS en W. VAN GELDER, Wandkaart van Java, herzien door W. VAN GELDER en J. F. NIERMEYER, in 4 bladen, (grootte 82 bij 235 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 38,00, gevernist . *6e druk* ƒ 40,50

U. D. KEISER. Wandkaart van Nederland, in 6 bladen, (grootte 168 bij 195 cM.).
Uitgaaf **zonder** namen, geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 28,00, gevernist ƒ 29,50
Uitgaaf **met** namen, geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 29,00, gevernist - 30,50

H. NIEHAUS. Wandkaart van Nederlandsch Oost-Indië en Omgeving, in 4 bladen, (grootte 139 bij 170 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 34,50, gevernist . . . . ƒ 36,00

R. NOORDHOFF. Nieuwe Wandkaart van Nederland. herzien door K. ZEEMAN, in 6 bladen, (grootte 161½ bij 183 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 43.00, gevernist . . . . *3e druk* ƒ 45,50

R. NOORDHOFF, Nieuwe Wandkaart van Europa. herzien door K. ZEEMAN, in 6 bladen, (grootte 181½ bij 209 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 43,00, gevernist . . . . *2e druk* ƒ 45,50

R. NOORDHOFF, Nieuwe Wereldkaart, in 8 bladen, (grootte 160½ bij 247 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 43,00, gevernist . . . . ƒ 45,50

R. NOORDHOFF en H. NIEHAUS. Eenvoudige Wandkaart van Nederlandsch Oost-Indië. in 6 bladen, (grootte 184 bij 222 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 38,00, gevernist . . . . ƒ 40.50

H. SCHIERBEEK. Wandkaart van Europa, in 6 bladen, (grootte 161½ bij 182 cM.), geplakt op linnen, aan rollen, ongevernist ƒ 34,50, gevernist. . *3e druk* ƒ 36,00

S. SNIJDER en H. GROEN, Nederland en Omgeving in Vogelvlucht, gedrukt in 9 kleuren, geplakt op zwaar carton, met ronde hoeken, (grootte 85 bij 112½ cM.), ƒ 6,50, geplakt op linnen, aan rollen, gevernist, (grootte 87 bij 111 cM.) ƒ 14,00

UITGAVEN VAN J. B. WOLTERS — GRONINGEN, DEN HAAG